

COURS DE M. GOSSELET



LES
OCÉANS ET LES MERS



Extrait du Bulletin de la Société de Géographie de Lille



LILLE,
IMPRIMERIE L. DANIEL.

—
1890

COURS DE M. GOSSELET

LES OCÉANS ET LES MERS

I.

DISTRIBUTION. — COMPOSITION. — SALURE

La surface du globe terrestre peut être évaluée à 510 millions de kilomètres carrés.

On dit communément que les mers et les océans couvrent les trois quarts de ce globe. A vrai dire, la surface des mers est 374 millions de kilomètres carrés, les terres émergées occupent une superficie de 136 millions de kilomètres carrés.

Mais il y a encore quelques parties du globe inconnues : 6 millions de kilomètres carrés au Pôle Nord ; 17 millions de kilomètres au Pôle Sud, soit un total de 23 millions de kilomètres.

Il n'en reste pas moins 351 millions de kilomètres de mers connues.

Pour contenter tout le monde, on peut aller du connu à l'inconnu et répartir ces régions mystérieuses en gardant la proportion de 1 à 3. Nos 23 millions de kilomètres se partageront en 6 millions de kilomètres

pour la terre, 17 millions pour la mer ; nous aurons ainsi le chiffre définitif :

Surface de la terre : 142 millions de kilomètres carrés.

Surface de la mer : 366 millions de kilomètres carrés.

Les terres et les mers ne sont pas réparties d'une façon uniforme à la surface du globe.

Un géographe allemand, Carl Ritter, a imaginé une façon ingénieuse de partager la terre en deux hémisphères. L'un renferme presque toutes les terres : l'Europe, l'Asie, l'Afrique, toute l'Amérique du Nord et l'Amérique centrale, la majeure partie de l'Amérique du Sud ; c'est l'hémisphère tellurique. L'autre ne renferme que les îles de l'Océanie, l'Australie et la pointe terminale du continent américain, c'est l'hémisphère océanique. Même dans l'hémisphère tellurique, la mer occupe encore le premier rang avec 134 millions de kilomètres carrés contre 120 millions occupés par la terre. Dans l'hémisphère océanique elle occupe 233 millions et demi et la terre est réduite à 21 millions et demi.

Si nous considérons maintenant les deux hémisphères formés par l'Équateur, nous trouvons au nord, pour les mers, 150 millions de kilomètres, pour les terres 104 ; au sud, pour les mers 216, pour les terres 38 !

Il est à remarquer que tous les continents convergent vers le nord, qu'au contraire ils s'effilent au point de disparaître vers le sud. C'est ce que montre la projection en étoile ; mais le simple examen du planisphère nous fait voir une grande accumulation de terres vers le nord et, au contraire, leur raréfaction vers le sud. A partir du 60° degré de latitude sud on ne rencontre plus de terre digne de ce nom.

Les trois grandes masses terrestres, ancien continent, nouveau continent, Australie, sont séparées par trois océans : l'Atlantique entre l'Europe et l'Afrique d'une part, l'Amérique d'autre part ; le Pacifique entre l'Amérique et l'Asie ; l'Océan Indien entre l'Afrique, l'Asie et l'Australie.

Il y a une zone où ces trois océans sont très nets, mais vers le sud ils se confondent en un seul. Ce nouvel océan peut s'appeler Glacial Antarctique. Il nous est d'ailleurs peu connu.

Autour du Pôle Nord, il y a encore de la mer. Il y a même une communication maritime ininterrompue entre l'Atlantique et le Pacifique par le nord de l'Europe et de l'Asie, ainsi que l'a prouvé, en 1878, le périple du savant suédois Nordenskiöld. C'est le passage du Nord-Est, auquel correspond le passage du Nord-Ouest exploré en 1853 par Mac

Clure et reliant les deux océans par le nord de l'Amérique. Mais ici nous sommes, à vrai dire, en présence d'une série de détroits. Les parties larges sont elles-mêmes peu profondes. Le détroit de Davis n'a que 700 mètres, celui entre le Groenland et l'Islande 550. Ce n'est pas un océan, bien que l'usage ait consacré l'appellation d'océan Glacial Arctique.

Outre les océans, il convient de signaler la zone des *Méditerranées*.

Entre l'Europe, l'Asie et l'Afrique s'étend notre Méditerranée, qui a vu se développer sur ses bords la civilisation du vieux monde. Coupée en deux parties par un véritable seuil sous-marin qui part du cap Bon, en Tunisie, pour rejoindre la Sicile, elle retrouve son pendant en Amérique dans le golfe du Mexique et la mer des Antilles. Le long chapelet d'îles qui s'étend entre les deux Amériques délimite ainsi, avec l'isthme central, une véritable Méditerranée, analogue à la nôtre, car le seuil sous-marin se retrouve, partant du Yucatan, pour aller rejoindre la Floride en passant par Cuba :

La mer Malaise constitue aussi une véritable Méditerranée. Cette zone a une grande importance en géologie, car c'est un centre de formidables éruptions volcaniques.

A ces Méditerranées, il convient d'ajouter des mers intracontinentales telles que la mer Baltique, la mer Rouge, la baie d'Hudson ; et aussi des mers latérales comme la Manche, le golfe St-Laurent, la mer Jaune, etc.....

Un regard jeté sur le tableau suivant permettra de se rendre compte de la surface respective occupée par les mers les plus importantes :

TABLEAU DE LA RÉPARTITION DES MERS ET OcéANS.

OcéANS.

	Avec leurs dépendances.	Sans leurs dépendances.
OcéAN PACIFIQUE.....	175 millions 1/2 k. q.	161 millions k. q.
OcéAN ATLANTIQUE.....	88 millions 1/2 »	79 millions »
OcéAN INDIEN.....	74 millions »	72 millions »
OcéAN ANTARCTIQUE...	20 millions 1/2 »	
OcéAN ARCTIQUE.....	15 millions 1/2 »	
Total.....	374 millions k. q.	

MÉDITERRANÉES.

INTERCONTINENTALES..	{	Mer Malaise.....	8.200.000 k. q.
		Mer des Antilles.....	4.600.000 »
		Méditerranée.....	2.900.000 »
INTRACONTINENTALES..	{	Mer Rouge.....	449.000 »
		Mer Baltique.....	415.000 »
		Golfe Persique.....	237.000 »

MERS LITTORALES.

GROUPE ATLANTIQUE ..	{	Mer du Nord.....	548.000 k. q.
		Golfe St-Laurent.....	274.000 »
		Mer de la Manche.....	204.000 »
GROUPE PACIFIQUE....	{	Mer de Bering.....	2.323.000 »
		Mer d'Okhotsk.....	1.507.000 »
		Mer Jaune.....	1.228.000 »
		Mer du Japon.....	1.043.000 »
		Mer de Californie..	187.000 »

L'examen de ce tableau peut donner lieu à quelques remarques intéressantes.

On voit, par exemple, que la mer Méditerranée américaine est le double de la nôtre.

On voit encore que ce golfe St-Laurent, qui paraît si peu de chose sur nos cartes d'Amérique, est en réalité plus grand que cette Manche qui nous paraît considérable !

Mais quelle différence y a-t-il entre une mer et un lac ?

D'abord la mer est plus grande ; ensuite elle est salée. Le moment est venu de rechercher ce que renferme l'eau de la mer.

Qui dit eau dit par cela même combinaison d'hydrogène et d'oxygène ; il y a encore des sels et des gaz en dissolution, des particules minérales en suspension, des êtres pourvus de vie, animaux ou végétaux.

Grâce à cette complexité d'éléments, la mer contient presque tous ceux de la terre ; quelques-uns, il est vrai, se retrouvent seulement dans les cendres des animaux marins ou même ne se laissent reconnaître que par l'analyse spectrale.

C'est ainsi qu'on retrouve, dans l'eau de la mer, de l'azote, du carbone, du chlore, du sodium, du magnésium, du calcium, du phosphore, du soufre, du potassium, etc.

Les cendres d'animaux ou l'analyse spectrale ont révélé la présence de fluor, de zinc, de fer, de nickel, de plomb, d'argent, d'or, etc.

Dans le fucus de nos côtes, il y a du cuivre et du zinc.

Dans le zostère, on trouve du manganèse, du cobalt et du nickel.

Dans certains coraux il y a de l'argent.

Il y a quelques corps dont la présence n'a pu, jusqu'à présent, être reconnue dans l'eau de mer, tels sont : le selenium, le bismuth, l'antimoine, le mercure, le platine, etc.

La plupart des corps que l'on trouve dans l'eau de mer y sont à l'état de combinaisons, de sels.

Si la mer venait à s'évaporer, elle laisserait à sa place une couche de sels de 50 mètres d'épaisseur.

Ces sels sont des chlorures, des sulfates, même quelques carbonates. Voici d'ailleurs un tableau de sa composition. Pour 100 parties de sel marin on a :

Chlorures..	{	de sodium.....	78,32	} 89,45
		de magnésium.....	9,44	
		de potassium.....	1,69	
Sulfates.....	{	de magnésie.....	6,40	} 10,34
		de chaux.....	3,94	
Divers (carbonates, etc.).....			0,21	
			<hr/>	100,00

Le chlorure de sodium étant le sel nécessaire à notre alimentation, on voit combien le dépôt salin maritime a besoin d'être épuré et débarrassé de sels étrangers avant d'être livré à la consommation. C'est le chlorure de magnésium qui donne à l'eau de mer sa saveur amère. Le sulfate de magnésie la rend purgative.

La mer est loin d'avoir une salure uniforme.

L'évaporation à la surface influe sur la salure. Il va de soi qu'une grande évaporation a pour résultat une plus forte salure de l'eau qui reste. Inversement l'eau qui tombe à l'état de pluie la diminue.

La quantité de sel peut être déterminée par la densité de l'eau. Plus cette densité est forte, plus l'eau contient de sels en solution. Ceci posé, on a remarqué dans l'Océan indien qu'au mois de septembre, époque de sécheresse, la densité de l'eau varie de 1,0271 à 1,0248, tandis qu'au mois de février, époque des grandes pluies, cette densité variait de 1,0253 à 1,0235.

La formation des glaces influe sur la salure de la mer. La glace est presque de l'eau pure. Au moment de sa formation, l'eau, qui se con-

gèle, abandonne les sels tenus en dissolution et ceux-ci vont augmenter la salure des couches d'eau sous-jacentes. Au moment de la fonte des glaces, l'eau douce est restituée à la mer et la salure diminue.

La présence des côtes exerce une grande influence sur la salure. Cette influence se manifeste même près des petites îles, mais elle est surtout sensible pour les continents grâce à l'apport des eaux fluviales qui diminuent la salure. C'est ainsi qu'à l'embouchure du Congo la densité de l'eau varie entre 1,0258 et 1,0263, tandis qu'au large elle varie entre 1,0271 et 1,0276. La densité à l'embouchure de la Plata est 1,0224 ; au large elle devient 1,0227.

On comprend dès lors que des mers différentes présentent des différences de salure. C'est ainsi que pour 100 parties d'eau l'Océan atlantique renferme 3,69 de sel ; le Pacifique 3,68 ; l'Océan indien 3,67 ; la Mer du Nord 3,4.

La profondeur exerce aussi son influence. D'une manière générale, la salure décroît avec la profondeur jusqu'à 1,800 mètres ; au delà, elle augmente.

Après avoir posé ces principes généraux, il n'est pas inutile de voir leurs applications pour les différentes mers.

Au point de vue de la salure, on peut diviser l'Océan en cinq zones :

1° Une zone équatoriale : il y pleut beaucoup et la salure y est faible ;

2° Deux zones à moussons. Là règnent des vents violents, par suite il se produit une grande évaporation ayant pour conséquence une forte salure ;

3° Deux zones normales. On pourrait encore signaler deux zones glaciales où se produisent les phénomènes indiqués plus haut pour la glace.

En plus de ces zones régulières, il convient de signaler des zones de concentration où l'eau atteint son maximum de densité de salure 1,0285. Pour l'Atlantique on trouve de ces zones entre les Canaries et le Cap Vert ; entre l'île St-Hélène et l'Ascension. Pour le Pacifique on en trouve près des îles de la Société. Pour l'Océan indien entre l'Afrique et l'Australie.

Passons maintenant à la Méditerranée.

Là se déversent de grands fleuves, au débit considérable, comme le Nil, le Don, le Dnieper, le Danube, le Pô, le Rhône. Ces fleuves viennent se déverser surtout dans le bassin oriental de la Méditerranée.

La première idée qui vient à l'esprit est donc que la salure sera moins forte à l'Est qu'à l'Ouest : c'est précisément l'inverse qui a lieu. Cela tient à une évaporation très active due à ce que les courants d'air surchauffé qui se sont formés au-dessus du Sahara arrivent librement dans la partie orientale de la Méditerranée. Au contraire, pour la partie occidentale ils sont arrêtés ou tout au moins atténués par la masse du plateau de l'Atlas.

Cette évaporation amène un excès de salure à *la surface* : les eaux superficielles de la Méditerranée, plus denses que celles de l'Océan, tendent à gagner le fond pour être remplacées par l'eau plus légère qui trouve accès au détroit de Gibraltar. De là un double courant : l'un superficiel, d'Océan à Méditerranée, un autre plus profond, en sens inverse.

Voici du reste quelques chiffres relatifs aux différences de salure dans la Méditerranée. Vers les Baléares, on trouve la densité 1,0274 ; à l'Est de la Sicile 1,0280 ; entre la Sicile et Crète 1,0286 ; 1,0286 ; vers les Syrtes (golfe de Gabès), 1,0294.

Les chiffres de la Mer Noire sont aussi instructifs. La densité y tombe à 1,0143. C'est qu'en effet, il n'y a plus là de grande évaporation ; le Don, le Dniéper, le Danube apportent une masse d'eau extrêmement considérable. La mer d'Azof n'est presque qu'un marais d'eau douce (palus méotide des anciens). En certains points les Scythes y menaient même boire leurs chevaux, ce qui était un sujet d'étonnement pour les Grecs.

On comprend qu'ici encore il se produise un double courant, mais en sens inverse de celui qu'on signalait tout à l'heure : L'eau plus dense de la Méditerranée s'enfonce au Bosphore et aux Dardanelles pour céder la place aux eaux plus légères de la Mer Noire ; d'où courant superficiel de la Mer Noire à la Méditerranée, courant profond de la Méditerranée à la Mer Noire.

La Mer Rouge présente un phénomène inverse si on la compare à la Mer Noire.

La Mer Rouge est un long boyau enserré à gauche et à droite par d'épaisses terrasses pierreuses qui réfléchissent les rayons d'un soleil très ardent. On pourrait la comparer à un chemin creux enserré entre deux murs. Au nord, l'isthme de Suez transforme le couloir en cul-de-sac. Au sud l'étroite porte de Babel Mandeb est insuffisante pour livrer passage à un courant d'air puissant. L'évaporation est donc ex-

traordinairement intense à la surface de la Mer Rouge et l'eau y atteint la densité de 1,031 c'est la plus salée de toutes les mers.

Passons maintenant aux mers septentrionales.

Pour la mer du Nord, dans les parties centrales, la salure y diffère peu de celle de l'Océan, mais il n'en est plus de même dans le voisinage des côtes. Ainsi le long des côtes de Hollande jusqu'à Hambourg, la salure est beaucoup plus faible. Cela s'explique par l'apport des eaux fluviales de ces grands cours d'eau qui se nomment Elbe, Rhin, Escaut.

La mer Baltique ne communique que faiblement avec la masse océanique par les détroits Danois. Elle reçoit des fleuves considérables en commençant par l'Oder pour finir par la Neva. Les terrasses de Suède y déversent aussi par les *elfs* beaucoup d'eau douce. Il n'est pas étonnant dès lors de voir la salure diminuer au fur et à mesure qu'on s'avance vers l'Est et vers le Nord.

C'est ainsi qu'au Skager-Rak pour 100 parties d'eau on trouve 3 parties de sel, on n'en trouve déjà plus que 2 au Cattégat, 1,9 au Grand Belt et nous ne sommes encore qu'à l'antichambre. A Dantzig nous n'avons plus que 0,65 ; au 65° de latitude Nord 0,26 : c'est de l'eau douce.

Dans la mer Baltique, la salure est toujours plus considérable au fond qu'à la surface. Mais ce sous rapport il faut distinguer la partie occidentale voisine des détroits danois de la partie orientale située à l'E. de Falster, A l'Ouest la salure du fond est considérable, presque égale à celle de l'Océan ; à l'Est elle s'abaisse beaucoup sans jamais atteindre toutefois celle de la surface.

La faune de la Baltique est en rapport avec la qualité des eaux ; elle est pauvre, d'autant plus pauvre que la salure est moindre. Elle se compose d'espèces cosmopolites qui peuvent supporter le plus facilement les variations dans les conditions d'existence et qui n'atteignent du reste qu'une taille médiocre. Parmi les poissons, on y compte 30 poissons de mer et 20 d'eau douce ; ceux-ci dominent surtout dans la partie orientale.

Ainsi nulle part ne se trouve l'uniformité dans la nature, pas même dans l'immuable Océan.

II.

COLORATION. — TRANSPARENCE. — VENTS ALIZÉS

La mer est de couleur variable.

Elle est d'un vert jaune, presque sale, dans les parages de Dunkerque et de Calais.

En plein Océan et au milieu de la Méditerranée, elle est d'un bleu intense, passant par les nuances du bleu vert à l'indigo foncé. C'est là sa vraie couleur.

A quoi est due cette couleur ?

On a dit jadis que le miroir de la mer réfléchissait l'azur du ciel. On a dit encore que la mer réfléchissait les seuls rayons bleus de la lumière naturelle. On sait que quand un rayon de lumière blanche vient à tomber sur un corps, il y a une portion de cette lumière qui pénètre le corps, une autre qui est réfléchie comme par un miroir. Ce serait une propriété de l'eau de mer de réfléchir les seuls rayons bleus.

Une théorie plus moderne pose en principe que l'eau de mer est toujours impure. Elle renferme des particules organiques ou minérales extrêmement ténues. Ce sont elles qui donnent à l'eau de mer sa belle couleur bleue, comme il ne faut pas attribuer à une autre cause le bleu du firmament.

Contre cette théorie qui a pour auteur un savant Anglais, Tyndal, on a objecté qu'au lever et au coucher du soleil le ciel prend des teintes jaunes et rouges. Dès lors il devrait en être de même pour les eaux de la mer, et c'est ce qui n'a pas lieu.

Une quatrième théorie est venue remplacer les précédentes. Un savant, appelé Scoresby, a rempli avec de l'eau de mer un grand tube de lunette bien enveloppé de papier noir. Il reçut la lumière qui traversait la couche d'eau ; cette lumière était bleue : Il put conclure que l'eau est bleue par transparence. L'expérience répétée avec de l'eau distillée donna des résultats analogues.

Tout récemment, on renouvela l'expérience avec de l'eau dont la pureté était absolue. On retrouva encore la couleur bleue. On intro-

duisit ensuite un peu de limon dans le tube qui contenait l'eau. Au fur et à mesure qu'on augmenta la quantité de limon, la couleur de l'eau passa au vert et même au vert jaune. Ainsi s'explique la coloration de l'eau de mer dans le voisinage des côtes.

La présence de sels en dissolution augmente la couleur bleue, mais les matières en suspension amènent la couleur verte. Les marins le savent bien. Ils se défient de l'eau verte qui recouvre souvent des écueils dangereux.

Certains cas particuliers de coloration des eaux de la mer sont tout à fait accidentels et dus à des êtres organisés. Scoresby vit une mer olive au milieu des mers polaires : il s'assura que cette coloration était due à des végétaux microscopiques, des Diatomées. Un autre cas de coloration verte fut observé par Schlinitz près des îles Fidji ; il reconnut que c'était dû à une multitude de petites salpes, mollusques de la classe des Tuniciers, qui nagent dans les hautes mers. Montagne constata à l'embouchure du Tage une mer rouge de sang, mais l'étude au microscope lui révéla aussi la présence de myriades de végétaux infiniment petits (*Protococcus atlanticus*), 40.000 dans un millimètre cube !

Livonius cite à Ceylan une mer jaune d'ocre qui disparut pour faire place à une mer floconneuse, presque glaireuse. Il attribue ce phénomène à des organismes.

Certaines mers portent des noms de couleur : la mer rouge, à cause, paraît-il, d'algues rouges, floridées, que l'on trouve sur ses bords ; la mer vermeille à cause de coquillages rouges ; la mer noire pour des raisons morales, on lui reproche la fréquence de ses tempêtes ; on ne voit pas de causes pour justifier les noms de mer blanche et de mer jaune.

Rappelons encore la mer de lait, que les Hollandais appellent la mer d'hiver parce qu'elle rappelle la couleur de la plaine de Hollande pendant l'hiver. Cette coloration est due à des animalcules dont les plus gros ont un à deux dixièmes de millimètre de diamètre.

La phosphorescence de la mer est due encore à la présence d'animalcules comme les *noctiluque* et d'autres.

Une autre question intéressante est celle de la transparence, c'est-à-dire la façon dont on peut voir les objets dans la mer.

Les opinions ont été très partagées à ce sujet. Les uns disent qu'on ne peut plus voir à partir de 45 mètres, les autres élargissent le champ de vision jusqu'à 145 mètres. Un certain Morel dit avoir vu à 80 mètres de profondeur, il est vrai qu'il était en ballon et à 1700 mètres de hau-

teur, ce qui suppose une bonne vue ! A vrai dire, tout cela dépend de la vue de l'observateur et de la pureté de l'eau. Les évaluations les plus acceptées font pénétrer la lumière jusqu'à quarante ou cinquante mètres.

M. Foll, de Genève, a fait à ce sujet de curieuses expériences : il commença par plonger dans le lac des chandelles enfermées dans des lanternes. Elles disparurent à 30 mètres. La lumière électrique demeura visible jusqu'à 33 mètres. Il ne faut pas oublier qu'il opérait en septembre et qu'à cette époque les eaux du lac sont assez troubles. Des plaques photographiques enfermées dans un ingénieux appareil furent influencées à 165 mètres. A 170 mètres, elles le furent encore, mais très faiblement, comme elles le sont dans une nuit sans clair de lune. A 180 mètres, plus rien. Au mois de mars, il renouvela l'expérience, et les plaques ne cessèrent d'être influencées qu'à 200 mètres.

Il répéta ses expériences dans la Méditerranée, avec le concours de M. Jules Barrois, ancien élève de la Faculté des sciences de Lille. Au mois de mars il a vu pendant toute la journée les plaques influencées à 300 mètres, et vers le milieu du jour à 350 mètres. Il constata qu'à midi la lumière pénétrait même jusqu'à 400 mètres. Ce point est important à vérifier, à cause des êtres vivant en mer à de grandes profondeurs. On avait admis jusqu'à présent que les fonds de mer étaient éclairés par une lumière spéciale et phosphorescente produite par les animaux eux-mêmes, certains portant même avec eux leur lanterne.

M. Foll n'a pu pousser plus loin ses expériences, car il devait forcément opérer dans le voisinage des côtes par suite de la disposition de son appareil. Un récent perfectionnement qu'il a inventé va lui permettre de reprendre ses expériences au milieu de la Méditerranée.

Le baromètre est toujours plus bas sur les océans que sur les continents. Tandis que sur le continent il varie entre 782 et 748, au niveau de la mer il est 760, sur l'Océan il oscille entre 766 et 734.

Le maximum de pression continentale est en Sibérie, pendant l'hiver ; sur mer c'est en latitude moyenne et pendant toute l'année.

Un des phénomènes maritimes les plus importants à observer est celui des vents. Leur étude date de ce siècle. Elle est due en partie au lieutenant Maury qui a réduit d'un tiers le voyage d'Europe en Australie.

Voici le tableau des vents classés d'après leur vitesse par minute :

0	calme	90 ^m
1	légère brise	210
2	Vent léger	360
3	Vent faible	480
4	Vent modéré	600
5	Vent frais	750
6	Vent fort	900
7	Vent dur	1.080
8	Vent de tempête	1.290
9	Tempête	1.500
10	Tempête forte	1.740
11	Tempête dure	2.110
12	Ouragan	2.400

Il existe entre l'Europe et l'Amérique une partie de l'Océan que les Espagnols appelaient *mer des dames* parce que le vent se chargerait à lui tout seul de faire l'office de pilote pour des dames qui se risqueraient à faire la traversée en canot. A défaut de dames qui montrent peu d'empressement à profiter de cette bonne volonté, il pousse sur les côtes des bois flottants, des graines. Ces vents constants et réguliers sont appelés *alizés*.

L'air chaud tend à monter. En été, il n'est pas rare de voir au-dessus de l'asphalte d'un trottoir comme une sorte de tremblottement : c'est l'air chaud qui monte. De même, dans les régions équatoriales, il y a échauffement de l'air au contact de l'eau et surtout des continents. L'air chaud monte, il est remplacé par de l'air froid. L'air froid vient des régions polaires et forme ainsi un courant superficiel venant du nord pour l'hémisphère boréal, venant du sud pour l'hémisphère austral. L'air chaud tend à le remplacer vers les pôles et forme un courant supérieur venant du sud dans l'hémisphère boréal, venant du nord pour l'hémisphère austral. C'est le courant supérieur qui charrie et porte au loin les cendres des grandes éruptions comme on l'a constaté pour celle du Karakatoa dans les îles de la Sonde en 1883.

Considérons le courant d'air froid qui vient du pôle. Ce courant nous paraît à première réflexion devoir suivre la direction nord-sud pour notre hémisphère, il n'en n'est rien cependant.

Supposons pour un instant un liquide dans un vase. Si un mouve-

ment *continu* est imprimé au vase, la surface du liquide ne change pas ; c'est ce qu'on peut constater par exemple en chemin de fer. Mais supposons que le mouvement soit tout à coup accéléré, les particules liquides restent en retard sur le train et le liquide s'élève sur la paroi du vase qui est tournée vers le fourgon à bagages : Mais voici que la marche du train se ralentit, alors se produit un phénomène inverse, les particules liquides conservent la vitesse acquise, elles viennent frapper la paroi du vase tournée vers la locomotive, et si le train s'arrêtait brusquement, tout le liquide partirait au-dessus du vase.

Ce qui se passe pour un liquide se passera *a fortiori* pour un fluide dont les molécules offrent encore bien moins d'adhérence.

Prenons donc la terre tournant en 24 heures sur elle-même : elle entraîne dans son mouvement toute la masse de l'atmosphère. Or, à l'Équateur, ce mouvement est de 40,000 kilomètres en 24 heures, à 60 degrés il n'est plus que de 20,000 kilomètres dans le même temps, au pôle il est réduit à zéro.

Supposons maintenant une molécule d'air partant du pôle dans la direction nord-sud. Son mouvement initial de l'ouest vers l'est est nul, mais à 60 degrés il devrait être 20,000 kilomètres en 24 heures. Or, si cette molécule est entraînée dans le mouvement de rotation, c'est avec retard, en vertu du principe que nous avons vu plus haut. A l'équateur le retard est encore plus accentué, il se traduit par un courant d'est.

Nous avons deux mouvements qui se combinent, un du nord au sud, l'autre de l'est vers l'ouest ; il en résulte un courant qui souffle du nord-est. Telle est, en effet, la direction de ce vent alizé dans notre hémisphère nord. Cette direction est du sud-est pour l'hémisphère sud.

Ces deux mouvements nord-est et sud-est viennent se heurter aux environs de l'équateur : ils se neutralisent, et dans les parages de l'Équateur il ne faut donc pas s'étonner de rencontrer une région de calme. C'est cette région que traversa Magellan quand il découvrit *la Mer du Sud*, et cela le décida à donner au nouvel Océan le nom de Pacifique.

Prenons maintenant la couche d'air chaud dans les régions supérieures : cet air se refroidit très rapidement et retombe pour remplacer celui qui se dirige vers l'Équateur. Il se forme alors deux courants en sens contraire, souvent au même niveau, l'un à gauche et l'autre à droite. De là les ouragans et les tempêtes.

La forme des continents influe sur cette marche des courants d'air. Dans l'Atlantique, l'alizé après avoir passé aux Antilles, vient heurter le continent américain ; il s'y réfléchit en un courant qui reflue sur l'Europe vers l'Espagne et la France. Au nord, le contre-courant polaire qui se dirige du nord vers l'Équateur passe par la Russie. Nous sommes à la limite des deux courants ; cela explique comment nous avons des vents variables tantôt du nord, tantôt du sud-ouest.

III.

COURANTS ET MARÉES

On appelle courants les parties de l'Océan qui ont un cours plus rapide que la masse liquide avoisinante.

L'étude des courants est fort difficile.

Leur origine fut longtemps douteuse. On a dit qu'une évaporation intense amenait une diminution des eaux de surface, d'où courant pour remplacer la déperdition.

On a dit encore que par suite de cette même évaporation les eaux superficielles devenaient plus riches en sel, par suite plus denses, qu'elles s'enfonçaient et qu'il y avait appel d'eau pour combler le vide.

On a encore voulu expliquer les courants par le retard des molécules liquides dans le mouvement de rotation de la terre.

Depuis quelques années seulement, on rapporte l'origine des courants aux vents : il a fallu employer l'analyse mathématique pour arriver de ce côté à une grande probabilité. Les travaux les plus importants qui ont établi cette hypothèse sont dus à un savant allemand, Zoppritz ; ils datent de 1878.

Il a étudié comment un mouvement de surface, dû au vent, peut se propager à l'intérieur de la masse et donner naissance à un courant. Il faut pour cela que le vent agisse longtemps et d'une façon constante.

En supposant un vent continu, agissant uniformément à la surface de l'eau et y faisant naître dans la tranche superficielle un mouvement d'une vitesse de 600 mètres à l'heure, au bout de 24 heures, une tranche située à un mètre de profondeur se mouvra avec une vitesse de 100 mètres au lieu de 600 de la vitesse superficielle, soit un sixième.

Au bout de 239 ans, la couche d'eau située à 100 mètres de profondeur sera mise en mouvement, mais seulement avec une vitesse de 300 mètres, soit la moitié de la vitesse initiale.

Il a calculé l'effet produit sur des mers profondes, par exemple à 4000 mètres : il a trouvé qu'au bout de 10000 ans, une tranche située à 2000 mètres, serait animée du $\frac{1}{4}$ de la vitesse superficielle ; cette vitesse acquise pourrait aller de 46 à 50 % au bout de 100000 ans, mais jamais au-delà.

Ainsi le vent met l'eau en mouvement, mais ce mouvement ne se propage dans les profondeurs qu'avec lenteur.

Or il faut se rappeler qu'il y a un courant d'air constant venant du pôle vers l'équateur ; que par suite du mouvement de rotation de la terre, cet alisé est oblique par rapport à l'équateur, enfin qu'il se dirige du nord-est vers le sud-ouest pour l'hémisphère nord, du sud-est vers le nord-ouest pour l'hémisphère sud.

Les alisés déterminent dans l'Atlantique un courant considérable, partant de la côte d'Afrique et se dirigeant vers celle d'Amérique. C'est le courant équatorial. Ce courant est double, car il existe dans l'hémisphère nord et dans l'hémisphère sud. Celui du nord a une vitesse maxima de 33 kilomètres en 24 heures, celui du sud a pour vitesse maxima 46 kilomètres, pour vitesse minima 34, soit 37 kilomètres de vitesse moyenne.

Ces deux courants sont ce qu'on nomme des courants d'*impulsion*. Il en existe d'autres dits de *compensation* ou de réaction, sortes de remous, là où deux courants sont sur le point de se réunir quoique séparés encore par un intervalle.

Nos deux courants équatoriaux tendant à se rejoindre vers l'Amérique, laissent entre eux un certain angle où se produit un courant de compensation dit courant de Guinée ; qui, partant des environs du Cap-Vert, vient aboutir aux environs de l'île St-Thomas et même jusqu'aux bouches du Congo. On le distingue facilement du courant équatorial, car il va du nord-ouest vers le sud-est, c'est-à-dire en sens inverse. L'eau qui y circule et qui y tournoie d'une manière presque

constante sous les ardeurs du soleil de l'équateur y atteint une température de 26°.

En plus de ces deux sortes de courants, il en existe une troisième espèce dite de *déviatio*n et produite par la forme des continents. Or, le courant équatorial du Nord subit ainsi une déviation aux approches de l'Amérique. Il s'y divise. La branche de beaucoup la plus importante se dirige vers les Antilles. Il acquiert alors une vitesse de 100 kilomètres en 24 heures, mais qui peut s'élever, dit-on, à 200 kilomètres. Il pénètre entre l'Amérique et les Antilles et prend le nom de courant des Caraïbes avec une vitesse de 133 kilomètres en 24 heures. On l'a qualifié avec raison de mer en mouvement. Il passe au détroit de Yucatan avec une vitesse de 92 kilomètres ; puis il arrive au golfe du Mexique où il s'échauffe énormément : l'eau y atteint 30 degrés. Il sort par le détroit de Floride pour devenir le *Gulf Stream*. Il parcourt alors jusqu'à 222 kilomètres en 24 heures ; c'est presque un torrent ; à l'époque des crues, le Rhin a une vitesse moindre que celle-là !

Au sortir du détroit de Floride, le *Gulf-Stream* est rejoint par une partie du courant équatorial qui n'est pas entrée dans le golfe et qui s'est portée droit vers les îles Lucayes ou Bahama, sous le nom de courant des Antilles. On a, dès lors, une masse d'eau considérable se dirigeant vers le nord-est, séparée du continent américain par une masse d'eau plus froide de 10 à 15 degrés et dont la coloration verte tranche avec le beau bleu du *Gulf-Stream*.

A partir du cap Hatteras, le *Gulf-Stream* prend franchement la direction de l'est pour se diriger vers l'Europe ou vers le nord. Il se partage alors en plusieurs branches.

Une première, par le détroit de Davis, vient aboutir à la côte occidentale du Groenland.

Une seconde passe au nord des îles Britanniques et arrive en Norvège où elle entretient une température relativement douce. Aux îles Fœrœer la température moyenne de janvier est de + 3 degrés par 62° de latitude nord.

Le courant entraîne avec lui une foule de débris organiques qu'il dépose dans ces parages. On en a trouvé provenant du golfe du Mexique, du Mississipi et même de l'Amazone.

M. Gosselet se souvient qu'étant préparateur à la Sorbonne, un jour que le froid était très vif et le bois très rare, il avisa une grosse bûche, posée dans un coin avec cette suscription : Islande. Il la jeta au feu et fut très surpris de sentir bientôt dans la pièce cette odeur particu-

lière que dégage en brûlant certain bois des régions tropicales. C'était le Gulf-Stream qui avait apporté cette bûche en Islande, d'où elle avait été transportée à Paris pour le grand ennui du préparateur qui craignait maintenant de voir son escapade dénoncée par l'odeur révélatrice.

Le Gulf-Stream a encore un autre effet pour nous. Les vapeurs qui s'en dégagent se condensent au contact du vent du Nord : il se produit alors des vides et par suite des tempêtes.

Le Gulf-Stream se fait sentir jusqu'au Spitzberg. On y a trouvé des graines d'acacia apportées par lui.

Il faut donc être prudent en géologie quand on trouve des bois dans un dépôt côtier. Avant de décider que ce bois provient des régions voisines, il faut d'abord s'assurer si quelque courant ne l'a pas apporté des contrées lointaines.

Une troisième et dernière branche du Gulf-Stream s'engage dans le golfe de Gascogne, longe les côtes d'Espagne et de Portugal, passe aux Canaries et au Cap-Vert pour revenir au courant équatorial.

Il se forme ainsi un circuit où s'amasse de l'eau chaude qui n'a jamais été au pôle. C'est la mer des Sargasses couverte d'algues flottantes. On prétend qu'on y trouve aussi force bouteilles vides. Tous les objets flottants s'amoncellent là.

On trouve encore au nord de l'Atlantique des courants d'eau froide. Un premier part de la Nouvelle-Zemble et de la Sibérie pour se diriger sur la côte orientale du Groenland où il amène les glaces. Il y a en Sibérie de grands fleuves qui charrient des bois ; on retrouve ces bois sur la côte orientale du Groenland, tandis que sur la côte occidentale on retrouve les bois de l'Amérique centrale.

Un second courant part de l'archipel Parry, du détroit de Smith, passe par la mer de Baffin, le détroit de Davis, longe le Labrador et descend la côte américaine jusqu'au cap Hatteras. Là il s'enfonce sous le Gulf-Stream.

Dans ces parages, le courant froid et le courant chaud sont, pour ainsi dire, côte à côte. Quand le vent vient d'Amérique, c'est-à-dire quand il souffle de l'ouest, il est froid, et arrivé sur le courant chaud, il devient brouillard. Inversement, le vent d'est s'est chauffé sur le *Gulf-Stream*, en arrivant au-dessus du courant froid, il se transforme aussi en brouillard. On comprend pourquoi cette région de l'Océan est si fertile en brouillards.

Un autre phénomène est dû au rapprochement des deux courants. Le

courant froid entraîne avec lui en sortant de la mer de Baffin une multitude d'animalcules polaires. Les poissons qui recherchent les eaux tièdes du Gulf-Stream se dirigent en masse vers le courant froid où ils trouvent ainsi une abondante pâture. D'un autre côté, les requins foisonnent dans ces parages où ils sont sûrs de rencontrer de nombreux poissons, comme les oiseaux de mer qui prélèvent leur tribut sur les troupes de poissons. Il y a donc accumulation de faune maritime dans ces parages. C'est à cela que le banc de Terre-Neuve, en particulier, doit sa réputation pour la pêche.

Nous avons étudié le courant équatorial avec ses transformations dans l'hémisphère boréal, passons maintenant à l'hémisphère austral.

Là, nous retrouvons le courant équatorial qui se dirige vers l'Ouest et vient heurter la côte du Brésil où il se partage en deux branches. Celle du Nord longe la côte de Guyane et se dirige vers la mer des Antilles. Celle du Sud, beaucoup moins importante, prend le nom de courant du Brésil. A partir de la Plata, le courant quitte la côte pour prendre la direction de l'Est, mais il ne tarde pas à rebrousser chemin parce qu'il vient se heurter contre un autre courant froid, venu des mers antarctiques et qu'on nomme le courant des Falkland. Les deux courants cheminent côte à côte au travers de tout l'Atlantique, mais vers le sud de l'Afrique ils viennent buter de compagnie contre un courant chaud venant de l'Océan Indien avec la direction inverse. Dans ce parcours commun nos deux courants se sont mis à peu près en équilibre de température, ils sont rejetés vers le nord, mais ne forment plus alors qu'un seul courant d'eau froide, celui de Benguela qui longe la côte d'Afrique, s'échauffant toujours jusqu'au moment où il va rejoindre le courant équatorial et complète ainsi un circuit de l'hémisphère sud, comparable à celui que nous avons déjà étudié au nord. Il convient cependant de remarquer qu'ici il n'y a plus de sargasses. En revanche, on y trouve des algues de 300 mètres de longueur (macro-cystis). Elles paraissent venir des mers méridionales, apportées par le courant froid.

Les courants du Pacifique sont beaucoup moins connus que ceux de l'Atlantique. Nous retrouvons pourtant les deux grands circuits que nous avons reconnus dans l'Atlantique.

Dans l'hémisphère sud, le courant équatorial se dirige vers l'ouest, dans la direction de la Nouvelle-Calédonie. Là, il se divise en trois branches. La première passe au nord de la Nouvelle-Guinée, la seconde entre cette île et l'Australie par le détroit de Torrès, la troisième se porte

directement au sud, va frapper la côte sud-est de l'Australie aux environs de Sidney, la longe dans la direction du sud jusqu'au moment où elle vient heurter le courant froid du sud dirigé vers l'est. Elle est alors refoulée vers la Nouvelle-Zélande et se partage en plusieurs petits courants qui viennent lécher les côtes des deux grandes îles.

Une autre portion du courant équatorial se dirige directement des îles Tahiti, Tonga, etc., vers la Nouvelle-Zélande.

Ce courant a une grande importance. Il paraît bien avoir conduit à la Nouvelle-Zélande sa curieuse population de *Maoris*. Les traditions de ce peuple constatent qu'il n'est pas autochtone, et que même son arrivée est récente. Ses poèmes racontent la lutte des premiers occupants contre d'énormes oiseaux qui voulurent disputer leur domaine à l'homme. On a voulu voir dans ces oiseaux des êtres fabuleux, mais voici que dans les grottes on en a retrouvé des squelettes. La tradition n'a donc pas tort. De plus, tous les caractères ethnographiques des Maoris correspondent à ceux des races polynésiennes qui n'ont rien de commun avec les *Alfourous* ou race nègre de l'Australie et de la Nouvelle-Guinée. Il faut donc admettre que les Maoris sont Polynésiens d'origine et le courant seul a pu diriger à pareille distance leurs pirogues primitives.

A partir de la Nouvelle-Zélande le courant chaud se dirige vers l'est parallèlement au courant froid. Leurs eaux se mélangent et prennent une température inférieure à celle des mers tropicales. Ce courant froid vient frapper la côte ouest de l'Amérique du Sud, et par un phénomène analogue à celui que nous avons vu pour l'Afrique, il dévie et court vers le nord. C'est le courant de Humboldt qui rafraîchit les côtes du Chili et du Pérou, rendant ainsi la température très supportable dans un pays où la pluie est rare. Il rejoint le courant équatorial complétant ainsi le circuit méridional.

Il convient de signaler encore dans le Pacifique un contre-courant équatorial situé un peu au nord de l'équateur et dirigé de l'ouest à l'est, des Moluques à Panama, sur une longueur de 16,500 kilomètres.

Dans l'hémisphère nord, le courant équatorial prend encore la direction de l'ouest depuis la côte du Mexique jusque vers les Philippines où il dévie vers le nord et se porte sur le Japon.

Là, il est d'un bleu indigo, presque noir, ce qui justifie son nom Japonais de *Kuro-Schivo* ou fleuve noir. C'est une réduction du Gulf-Stream, moins chaud, moins rapide, avec des effets moindres. A partir du Japon, il se dirige vers l'est, arrive en Californie où il se partage en

deux branches, une au nord, l'autre au sud. La présence de cette bifurcation explique comment sur quarante-neuf barques japonaises constatées perdues en mer, vingt-neuf ont été retrouvées échouées à la presqu'île d'Alaska, au nord de l'Amérique, dix en Californie, deux aux îles Sandwich. Cela permet aussi d'entrevoir la solution du problème de l'origine des populations indigènes d'Amérique, qui, surtout dans la partie occidentale, offrent des traces non équivoques de mélange avec la race jaune. Une légende locale du Pérou attribue même les civilisations primitives de ce pays à des émigrants venus d'occident. Une autre circonstance vient augmenter l'analogie du Kuro-Schiwo avec le Gulf-Stream.

Un courant froid vient de la mer d'Okhotsk et se porte sur la côte orientale d'Asie. On retrouve là encore les mêmes effets qu'à la rencontre des deux courants de l'hémisphère nord de l'Atlantique, brouillards, bancs de poissons, requins et vols d'oiseaux.

Pour l'Océan Indien, on trouve un courant équatorial très développé au 7° degré de latitude sud. Il part de l'Australie et se porte sur Madagascar : au nord de l'île, il se divise en deux parties.

Celle du sud suit la côte d'Afrique, se joint à un autre courant de même direction, parti des Mascareignes et vient rejoindre le puissant courant froid des mers du sud qui n'est interrompu par aucun continent. C'est ainsi qu'une bouteille jetée le 14 juillet 1864 au cap Horn a cheminé au S. de l'Afrique et fut trouvée sur la côte d'Australie le 7 juin 1867. — Le courant chaud est donc rejeté vers l'est et revient en Australie ayant ainsi formé circuit.

A signaler encore un contre-courant équatorial partant de Zanzibar jusque Java.

Au nord, plus de circuits ; là règnent les moussons qui modifient les courants.

Il y a aussi des courants dans les mers fermées, mais ils sont moins connus.

Nous avons déjà eu l'occasion d'étudier par exemple le courant entrant de l'Océan Atlantique dans la Méditerranée par le détroit de Gibraltar. Ce courant suit les côtes d'Afrique en se dirigeant vers l'est, puis revient vers l'ouest en suivant la côte européenne.

Il faut aussi tenir compte des courants produits par les marées.

On sait que les marées sont dues à l'attraction des particules liquides de la mer sous la double influence de la lune et du soleil.

Les effets de la lune et du soleil tantôt agissent de concert, tantôt se contrarient.

Ils concordent à l'époque des *syzygies*, c'est-à-dire lorsque la terre, la lune et le soleil se trouvent sur une même ligne droite. La marée produite alors par la somme des actions de la lune et du soleil est la plus forte possible. A ce moment la lune est pleine ou nouvelle.

Au contraire, si la terre occupe le sommet d'un angle droit dont le soleil et la lune occupent les côtés, l'action solaire contrarie l'action lunaire et il en résulte une marée la plus faible possible. C'est l'époque des *quadratures*. La lune est alors à son premier ou à son dernier quartier.

En résumé les *marées de vive eau* ont lieu à l'époque de la nouvelle lune et de la pleine lune, les *marées de morte eau* ont lieu quand la lune est dans son premier ou dans son dernier quartier.

Cette action se produit jusqu'aux plus grandes profondeurs. On a alors des ondes gigantesques dans l'Océan : elles atteignent la vitesse de 176 mètres par seconde !

Mais l'intumescence des eaux ne se déplace pas à la manière d'un courant. La mer se soulève et s'affaisse sur place : elle se gonfle au point où la lune passe et se dégonfle après. Les vaisseaux ne sont pas plus entraînés par l'onde de la marée que les brins de paille ne le sont par les ondulations qu'occasionne la chute d'une pierre dans une nappe d'eau tranquille. Un soulèvement et un affaissement alternatifs se propageant de proche en proche avec la même ampleur, voilà ce qui se passe en pleine mer ; il en serait partout ainsi si la terre était en entier couverte par l'Océan.

Mais ce mouvement de la mer est retardé par le frottement des côtes. La marée se propage donc moins facilement dans le voisinage des continents.

Ce n'est donc pas au moment où la lune est au méridien d'un port qu'on y trouve la marée haute. Il y a toujours retard. Ce retard s'appelle *l'établissement du port*.

Dans la Manche, par exemple : la marée étant haute à 5 heures à l'entrée de la mer, sera haute seulement à 11 heures pour Boulogne.

La marée est faible là où la mer est large et profonde. Sa hauteur varie entre 30 et 50 centimètres à Taïti. Elle est de 1 mètre à Sainte-Hélène. A Hambourg 1^m,85, mais déjà nous ne sommes plus en mer profonde. La marée augmente surtout dans les mers resserrées. Elle est de 10 mètres dans le canal de Bristol, elle varie entre 12 et 15

mètres pour la baie Saint-Michel, elle atteint 21 mètres dans la baie de Fundy, au Sud de la Nouvelle-Écosse ! C'est la plus forte marée du globe. Au détroit de Magellan elle oscille entre 18 et 20 mètres.

Ceci est important pour la géologie : on peut en effet trouver des dépôts marins à 5 ou 6 mètres au-dessus du niveau de la mer sans avoir besoin de recourir à un soulèvement pour expliquer leur présence. Le simple mouvement des marées suffit pour cela.

Dans le canal de la Manche, la marée est plus forte sur la côte de France que sur celle d'Angleterre. Dans la mer du Nord elle est plus forte en Angleterre qu'en Scandinavie. C'est encore là un effet de la rotation de la terre. Le flot de marée subit le même retard que nous avons déjà constaté pour les vents.

Les mers intérieures ont leur mouvement de marée. Une marée de 7 centimètres se constate à Chicago pour le lac Michigan ; la Méditerranée a des marées d'un mètre. Dans la petite Syrte (golfe de Gabès) on en a constaté de 2 mètres.

Les marées déterminent des courants, surtout dans les mers intérieures. Si les mers sont de plus à fond plat, le courant peut devenir rapide : 3 kilom. 600 mètres à l'heure. Dans les détroits il est plus rapide encore. Dans le Pas-de-Calais on constate ainsi un courant N.-E. à marée montante, S.-O. à marée descendante.

Ce dernier courant par lequel passe toute la marée descendante de la Manche empêche pendant quelque temps l'écoulement des eaux dans la baie de la Seine. Il en résulte que la mer reste pleine au Havre pendant une heure aux marées ordinaires, pendant trois heures aux syzygies. On voit pourquoi un grand port est là.

En plus des mouvements de marée il convient de signaler des courants *giratoires*. On admet qu'ils sont dus à des courants transversaux du continent vers la mer ou de la mer vers les continents. A cette classe se rattache le fameux *Maelstrœm* et le double courant de Charibde et de Scylla.

IV.

LES VAGUES ET LEURS EFFETS

On voit des vagues partout où il y a de l'eau et leur cause est toujours la même : le vent.

La Fontaine l'a dit : le moindre vent qui d'aventure fait rider la face de l'eau... seulement, c'est une question de plus et de moins : plus le vent est violent et persistant, plus les vagues seront fortes. Elles sont donc plus fortes dans les océans ouverts que dans les mers fermées.

Si le vent était perpendiculaire à la surface de l'eau, il ne se formerait pas de vagues ; mais lorsqu'il vient frapper obliquement cette surface, il forme d'abord une légère cavité, puis agit sur la paroi opposée, creuse ainsi une manière de cuvette jusqu'à ce que la pesanteur fasse équilibre à la force du vent ; alors la masse d'eau retombe. Cette masse soulevée, c'est la vague.

Un petit corps flottant à la surface de l'eau monte et descend avec la vague, mais change peu de place. Dans le fait, la formation des vagues est une modification de la surface de l'eau qui se propage très vite, mais qui n'entraîne qu'un faible déplacement des particules dans la direction où souffle le vent.

Dans ce mouvement, les particules d'eau de la surface décrivent une courbe trochoïde voisine du cercle ; celles qui sont situées plus bas décrivent une ellipse d'autant plus aplatie qu'elles sont à une plus grande profondeur. A une certaine distance de la surface, il n'existe plus qu'un mouvement horizontal de va et vient. D'après les expériences de Weber, ce mouvement serait encore sensible au microscope à une profondeur qui atteindrait 350 fois la hauteur de la vague. Les grandes vagues de tempête de l'Océan Atlantique pénètrent jusqu'au plateau Faraday (1,150 m.) tirillant et frottant le câble télégraphique.

Il y a quatre choses à considérer dans une vague :

1^o *La période*, ou temps qui s'écoule entre le passage de deux vagues au même point ;

2° *La longueur*, ou distance entre le sommet d'une vague et le sommet de la vague suivante. Les vagues sont d'autant plus longues que la mer est plus profonde et plus largement ouverte ;

3° *La vitesse*, ou chemin que parcourt une vague pendant l'unité de temps. L'amiral Paris a mesuré que la vitesse moyenne des vagues est de 11 à 12 mètres par seconde ou 40 kilomètres à l'heure ;

4° *La hauteur* ou différence de niveau entre le sommet d'une vague et le point profond qui sépare deux vagues l'une de l'autre.

D'après les mesures prises par l'amiral Paris pendant un voyage de deux ans, la hauteur moyenne des vagues est de 2 m. pour l'Océan Atlantique du Nord, 2^m,8 pour l'Océan Indien, 3^m,1 pour le Pacifique. Les vagues de tempête sont plus élevées. On a mesuré des vagues de 4 m. dans la mer du Nord, de 7 m. à l'O. de l'Écosse, de 7^m,8 à l'E. de l'Irlande, de 8 m. dans le golfe de Gascogne. Les plus grandes vagues observées loin des terres ont été de 11 m. à l'O. de l'Australie ; leur longueur était de plus de 300 m. et leur vitesse atteignait 14 m. à la seconde, c'est-à-dire 50 kilomètres à l'heure.

Outre ces vagues dues au vent, il y en a d'autres qu'on nomme *la houle*.

La houle se produit dans les océans ouverts et se distingue par deux caractères : 1° elle est indépendante du vent tandis que les vagues ordinaires sont perpendiculaires à la direction du vent ; 2° elle est beaucoup plus régulière que la vague proprement dite.

On admet que la houle vient de loin ; elle est déterminée par des tempêtes éloignées ; il n'est pas rare de voir une mer houleuse par un temps magnifique. A Sainte-Hélène et à l'Ascension, la houle vient du Sud pendant l'hiver austral, du Nord pendant l'hiver boréal. Elle est donc bien un produit des tempêtes. L'étude des courants nous a montré qu'il y a des régions à tempêtes. De là nous viennent les houles qui parties de Terre-Neuve, vont quelquefois jusqu'au Sud de l'Équateur !

Que les vagues soient dues au vent ou qu'elles soient le produit de la houle, quand elles arrivent sur les bancs côtiers, elles se modifient : elles deviennent plus hautes et plus courtes. On le constate au banc de Terre-Neuve, à celui de Patagonie, au Nord de l'Écosse.

Si la côte est droite, les vagues viennent s'y briser en formant des rides parallèles à la côte, ce qui n'existe plus si la côte présente des courbures.

En arrivant sur les côtes, les vagues perdent leur forme régulière

Par suite du frottement exercé par le fond, les parties profondes restent en retard, tandis que les parties superficielles vont plus vite, surplombent la masse et tombent au pied de la vague en projetant de l'écume. Ce sont les brisants.

Si, au lieu de s'enfoncer en pente douce, le rivage tombe à pic dans la mer, comme cela a lieu par exemple pour un môle, il n'y a plus ni écume ni brisants.

Parmi les brisants les plus connus, il faut signaler ceux de la côte de Guinée ou *Calémas*. Par un temps calme, on voit au loin un pli de la mer qui réfléchit le soleil. Cette vague avance avec rapidité et se brise avec fracas près du rivage, empêchant les embarcations d'approcher. On attribue les Calémas à des tempêtes du Sud de l'Atlantique qui viennent par de grandes profondeurs mourir au golfe de Guinée.

Il existe encore une espèce de vague particulière à l'embouchure des fleuves, c'est le *mascaret*. Un des plus célèbres est celui de l'Amazone connu sous le nom de *prororoca*.

Certains fleuves ont le mascaret, d'autres n'en ont pas.

Ainsi, pour la Seine, un peu après la pleine mer, le flot pénètre dans l'estuaire, forme une vague atteignant quelquefois 2 mètres de haut et s'avance au-delà de Rouen, forçant les navires à se garer.

La Charente a son mascaret, la Loire et la Gironde n'en ont pas.

Comment expliquer cela ?

Certains fleuves ont une barre, la Seine et la Charente sont dans ce cas. Des alluvions se déposent à l'embouchure, le fond s'exhausse sur ce point de telle façon qu'à marée basse la barre de la Seine émerge de 40 centimètres. Le fait est moins sensible pour la Charente dont la barre n'émerge pas. Les vagues de pleine mer viennent se buter contre cet obstacle, elles s'y arrêtent jusqu'au moment où elles le franchissent avec leurs forces et leurs hauteurs accumulées. Aussi le mascaret de la Charente est moins sensible que celui de la Seine et n'a guère que 20 centimètres, parce que la barre y est beaucoup moindre. On voit que c'est la barre qui fait le mascaret.

La Loire n'a point de barre, la Gironde non plus. Entre Pauillac et Talmont elle mesure 10 mètres de profondeur à marée basse ; jusqu'à Blaye, cette profondeur est de 5 à 7 mètres : il n'y a donc pas de mascaret. Mais entre Bordeaux et Blaye il y a quelques atterrissements, aussitôt on retrouve quelques exemples de mascaret à Bordeaux. La Dordogne n'a que 2^m,40 de profondeur à Libourne, aussi nous retrouvons pour cette rivière le mascaret régulier. Il commence à 11 kilo-

mètres en amont du bec d'Ambez et remonte au-delà de Libourne sans avoir rien de bien saillant. Il est suffisant cependant pour secouer les bâtiments et empêcher le passage en bateau.

La géologie doit tenir compte de ce mascaret qui porte des animaux marins et des coquilles assez loin dans le fleuve.

Aux vagues se rattachent encore les *raz de marée*.

Le 23 décembre 1854, un tremblement de terre se faisait sentir à Simodou (Japon), douze heures et demie après une vague de 50 centimètres de hauteur envahissait le port de San-Francisco. Elle avait parcouru 6,400 kilomètres, soit 650 kilomètres à l'heure. On peut se faire une idée de cette vitesse en songeant que l'express du chemin de fer du Nord ne parcourt que 68 kilomètres à l'heure.

Un tremblement de terre se produisit, le 26 août 1883, dans l'île Karakatoa (archipel de la Sonde). Une vague énorme parcourut la moitié du globe jusqu'à Panama, se propagea au Sud de l'Atlantique et fut perçue jusqu'à Rochefort.

Au tremblement de terre de Lisbonne (1^{er} novembre 1755) une vague de 20 mètres de haut se fit sentir jusqu'à Cadix et traversa l'Atlantique de telle sorte qu'à l'île Madère elle avait encore 5 mètres.

Ce genre de vague ou *raz de marée* a donc pour origine les tremblements de terre.

Les *raz de marée* ont une sérieuse importance géologique. Dans le voisinage des tremblements de terre, ils donnent naissance à des phénomènes grandioses et terribles. A Lisbonne, après les deux secousses du tremblement de terre, la mer est venue et envahit tout. A Iquique, la mer se retire pendant une demi-heure et revient sous la forme d'une vague immense, trouve les vaisseaux à sec, les soulève et les jette dans l'intérieur des terres. Au Callao, en 1746, phénomène semblable, cette fois un navire est porté au sommet d'une tour. En Nouvelle-Zélande, un explorateur trouva, dans l'intérieur des terres, un navire dont les mâts paraissaient porter des feuilles. En réalité, c'était un vaisseau signalé perdu depuis 1814, dont on n'avait jamais eu de nouvelles, et qu'on retrouvait ainsi à 200 mètres dans les terres avec sa carcasse éventrée, au travers de laquelle des arbres avaient poussé.

Les *raz de marée* sont plus fréquents qu'on ne le pense.

A Sainte-Hélène, on en constate un en mai 1821, un autre en février 1840. Dans les deux cas, ils ont dispersé la flotte anglaise en brisant les ancres des vaisseaux.

Le 13 janvier 1804, à Montevideo, un *raz de marée* surprend, non

plus des vaisseaux, mais des baigneurs. Il en jette une partie à la côte, mais entraîne le reste dans son mouvement de recul.

A Colberg, dans la Baltique, on voit, en 1779, une vague de deux mètres; à Dago, en 1858, une vague de 1 mètre 25. Toutes deux correspondent à des tremblements de terre dans les Carpathes. On voit que ces commotions de la croûte terrestre agissent même à grande distance.

Nous venons d'étudier la vague sous ses différentes formes; voyons maintenant les effets qu'elle produit. Nous établirons pour cela une grande division : 1^o son action sur les continents; 2^o celle qu'elle exerce sur les fonds marins.

La Géologie n'est autre chose que l'histoire des longues luttes entre la vague et les masses continentales. Sans cesse le continent se développe, sans cesse aussi la mer le ronge. En apparence, la victoire demeure à la mer, en réalité, elle appartient au continent, car, ce que la mer enlève en un point, elle le transporte sur un autre. Au fur à mesure que de nouvelles roches se forment ainsi, elles s'imbibent d'eau dont elles absorbent une quantité considérable. Un jour viendra où elles auront bu toute l'eau de la mer, et, ce jour-là, la terre ne sera plus qu'une lune : seulement, cette transformation funeste n'est pas encore près d'être réalisée, car on n'évalue pas à moins de 1,284,800,000 kilomètres cubes le volume actuel des eaux de la mer, et ce sont là des chiffres tellement fantastiques que nous pouvons à peine les concevoir.

On se souvient de la façon dont les vagues, en arrivant sur la côte, se gonflent et finissent par surplomber. On trouve parfois un gonflement égal à six fois la hauteur de la vague. A l'extrémité septentrionale de l'Écosse, au phare de Bishop-Rock, une cloche, située à trente mètres du sol, a été cassée par la vague. Aux îles Shetland, on a vu une vague enfoncer la porte d'un phare situé à cinquante-neuf mètres au-dessus du niveau moyen de la mer.

Stephenson a inventé un dynamomètre pour mesurer la force des vagues : c'est une grande plaque de laiton maintenue contre un rocher par un ressort à boudin et présentant la face opposée à l'action de la vague; elle est munie d'un crayon glissant sur un papier divisé, tendu à l'avance. Grâce à cet appareil, sur la côte occidentale d'Écosse, on a pu constater, dans la tempête du 28 mars 1845, une pression de 29 tonnes métriques par mètre carré; sur la côte orientale, on a reconnu une pression de 34 tonnes! D'une manière générale, il a été

établi que la pression, en hiver, est le triple de celle qui s'exerce en été.

Ces pressions se produisent au niveau d'attaque ; au-dessous la pression est beaucoup moindre.

Toujours en Écosse, sans qu'il y ait eu tempête, un bloc de gneiss de 7 tonnes $1/2$ se trouva transporté à 7 mètres au-dessus de son niveau. Sur un autre point de l'Écosse, on avait construit un coupe-lames en béton de quatre pièces réunies par des crochets de fer. Son poids total était de 1,350 tonnes. En 1872, pendant une tempête, tout le bloc fut transporté à dix mètres de sa position primitive.

Que fera cette formidable puissance agissant contre le continent ?

Cela dépend de la nature du continent.

Si le littoral est bas et sablonneux comme dans les landes ou dans la Baltique, la victoire reste à la terre : il se forme, le long de la côte, un talus de sable plus ou moins fin. Aux basses marées, ces sables sont pris par le vent, poussés sur le continent où ils vont former les dunes.

Le phénomène inverse se produit pour les falaises. Ici, la victoire appartient à la mer ; mais avant d'étudier les péripéties de la lutte, il convient de remarquer qu'il existe plusieurs sortes de falaises. Il en est d'argileuses, d'autres sont composées de grès rouge qui est un grès tendre ; il y a des falaises de grès, des falaises de granit, enfin des falaises complexes formées de plusieurs couches superposées.

La falaise d'argile est vite détruite. Une des plus curieuses est celle de Reculver, dans le comté de Kent, à l'embouchure de la Tamise. Le village s'élevait à l'emplacement d'une ancienne station romaine. En 1781, il était à 1,600 mètres dans l'intérieur des terres. En 1804, le cimetière qui entourait l'église s'écroula avec les maisons voisines. La falaise avait donc reculé de 1,600 mètres en 23 ans. Le village s'est transporté plus loin et l'église demeure abandonnée : elle se serait depuis longtemps abîmée sous les flots, si, pour conserver les tours qui servaient de repère aux marins, on n'eût fait des travaux au pied de la falaise pour empêcher la mer de continuer ses ravages. Dans les mêmes parages, les falaises de l'île Sheppey, hautes de 18 à 24 mètres, ont perdu 28 hectares en 20 ans. La falaise argileuse du Havre recule de 20 centimètres par an. Celle des environs de Boulogne, également argileuse, subit un sort semblable. A l'époque de Henri II, elle était couronnée par le fort de Châtillon, dont nous avons conservé le plan et qui avait 300 mètres de large : il a com-

plètement disparu. Au nord de Boulogne, une tour construite, dit-on, par Caligula, était à 400 mètres du bord en 1545, en 1644 elle n'existait plus.

La falaise de grès tendre n'offre pas plus de résistance. La vague la creuse à la base, il s'y forme des excavations, des gorges, que suivent bientôt les éboulements : Elle fond, pour ainsi dire, et passe à l'état de sable. Au large des bouches de l'Elbe, l'île d'Helgoland est remarquable à cet égard. Elle diminue de 0^m,90 par an. En cinq siècles, elle a perdu les 3/4 de sa surface. Les Anglais voudraient bien vendre leur propriété aux Allemands, mais ces derniers, non moins pratiques, montrent peu d'empressement à racheter cette pierre de la patrie allemande.

La falaise de craie se détruit moins rapidement : elle est, comme la précédente, attaquée par la base ; les blocs du sommet se détachent également, mais forment au pied une manière de rempart. Cela se voit très bien dans notre région, près de Calais, au Blanc-Nez. Toutefois, la falaise recule malgré tout. Au xvi^e siècle, le père Mallebrancq nous parle d'un port qui était en avant du Blanc-Nez. Il arrive parfois que certaines parties noduleuses sont plus solides, elles résistent tandis que tout s'écroule autour d'elles ; c'est de cette manière que se sont produits les piliers de craie qui longent la falaise d'Etretat.

La falaise granitique nous prouve que la roche dure est elle-même attaquée par la vague. L'eau use le pied, détermine des gorges et à la longue des éboulis qui fournissent un nouvel aliment d'attaque aux flots, car les débris ne sont pas dissous, mais saisis par la vague et lancés comme une sorte de bélier.

La falaise complexe n'échappe pas à la loi commune. C'est quelquefois une couche d'argile qui supporte des bancs de calcaire ou de grès. On en a un exemple dans l'île Portland, sur les côtes de Devonshire : le pied est de l'argile, le sommet du calcaire : on a constaté que de 1800 à 1865 la falaise a reculé de 100 mètres. D'autres fois, une falaise dont le pied est argilieux s'affaisse tout entière ; c'est ce qu'on a vu à Axmouth.

Ainsi, c'est un fait général, la vague attaque toutes les falaises.

Ce phénomène a servi à établir une théorie à la fois géologique et géographique. On trouve sur le continent des plaines élevées ou plateaux comme par exemple l'Ardenne. Autour on relève la trace d'une ancienne mer Devonienne. Ce plateau se serait formé sous l'influence de la mer qui en aurait fait ébouler toutes les parties saillantes. Toutes les plaines, tous les plateaux seraient dus ainsi à un rabotement des

vagues. C'est la théorie de l'*abrasion*. Elle est séduisante mais paraît peu vraisemblable.

Étudions maintenant l'action exercée sur les fonds marins.

On a calculé dans la Baltique et dans la mer du Nord que pour des vagues n'ayant que 8 centimètres de haut, il se produisait un mouvement très sensible au fond ; mais ces mers sont peu profondes.

Les vagues de tempête agissent sur des fonds beaucoup plus considérables. On a constaté que le câble transatlantique est agité et usé par le frottement contre un fond de sable à 1150 mètres de profondeur.

Les vagues agissent donc sur les débris arrachés aux falaises. Les parties dures s'usent et se transforment en galets : La transformation s'opère assez vite. M. Daubrée a renfermé des fragments de granit dans un tonneau, le nombre de tours effectué par le tonneau donnait la distance parcourue : au bout de 25 kilomètres on avait des galets.

Les galets sont arrondis, de forme assez régulière, souvent aplatis. Les plus remarquables sont ceux produits par les silex renfermés dans la craie. On a calculé qu'entre Fécamp et le cap d'Antifer il se produit par an 5,000 mètres cubes de galet.

Les galets sont entraînés par les courants et par les vagues. Ils avancent continuellement. On en trouve à Calais et à Dunkerque, et certainement il ne sont pas venus là d'eux-mêmes.

Dans la Baltique, à l'extrémité du golfe de Bothnie, on trouve des blocs granitiques au fond de la mer. Ils sont descendus des Alpes scandinaves ou de la Laponie par l'intermédiaire des glaciers ; mais, quelque volumineux qu'ils soient, ils se déplacent. La Baltique gèle : la glace se forme autour des blocs, les soulève, les entraîne ; ils flottent. Ils suivent les courants, arrivent au Sund, le franchissent quelquefois, mais rarement, car le dégel survient : ils s'accumulent au fond du Sund. Lors du bombardement de Copenhague en 1807, un vaisseau anglais sauta. On a trouvé ses débris entre deux couches de blocs granitiques, preuve évidente qu'il en était arrivé de nouveaux depuis 1807.

Donc, les galets cheminent : ils constituent des cordons littoraux.

Mais en plus des galets, on trouve du sable ; cela est encore un produit de la vague sur les fonds de mer. Le sable est formé de silice, quartz en fragments ténus, mais rarement pur ; on y trouve souvent des grains verts de silicate de fer (glauconie). Il se présente en petits grains roulés et usés. C'est qu'en effet, lors du mouvement imprimé par les vagues, le sable roule sur le sable sous une pression souvent

de plus de 1000 mètres d'eau. Dès que les grains de sable s'agitent à cette profondeur et sous une pareille pression, on devine comme ils doivent être usés. La finesse des sables est variable, certains ont la grosseur d'un grain de millet.

Indépendamment du sable, on trouve encore de la vase, c'est-à-dire de l'argile, mais pas à l'état pur. C'est l'*argilite* de certains géologues : elle contient de l'alcali, l'autre est un silicate d'alumine plus ou moins hydraté. La vase est aussi souvent mélangée de sable.

La vase peut aussi être mélangée de calcaire provenant des rochers côtiers et surtout de débris de coquilles. C'est sur les côtes granitiques que se développent surtout les animaux marins, par exemple, sur les côtes de Bretagne. Aussi, dans la baie de Cancale, il se fait un dépôt continu de vase sableuse très calcaire : c'est la *tangue*. On l'exploitait jadis pour la culture, car, dans ces parages, le sol de nature schisteuse ou granitique a besoin de calcaire pour la végétation. Aujourd'hui, on va chercher du calcaire pur à l'intérieur de la France.

Tous ces débris, tous ces troubles soumis à l'action des vagues se déposent dans le voisinage des continents, exhaussant le fond de la mer, ce sont les sédiments *littoraux* sous-marins.

V.

GÉOGRAPHIE DE L'ATLANTIQUE

SURFACE. — PROFONDEUR. — TEMPÉRATURE. — DÉPÔTS MARINS.

Avant de nous perdre dans les profondeurs de l'Océan, il est une question préjudicielle qui s'impose, celle d'en examiner la surface.

Longtemps on a cru à une surface sphéroïdale, située partout à égale distance du centre de la terre. Pourtant Humboldt prétendait que ses

études à Panama lui avaient démontré que le niveau de l'Océan pacifique était de trois mètres au-dessous de celui du golfe de Mexique. Reprenant ces travaux, Bolivar n'a plus trouvé qu'une différence de niveau de 1^m,75. Les études préparatoires pour l'établissement du canal de Nicaragua ont démontré que le niveau était le même.

Certains travaux faits en France ont signalé une différence de 0^m,73 en faveur de l'Océan, sur la Méditerranée. On en doutait un peu. M. Bourdaloue a fait un nouveau nivellement il y a quelques années et a trouvé une différence de 0^m,62 pour l'Océan. Tout récemment, M. Bouquet de la Grye a trouvé 0^m,72. Ici, du moins, on est d'accord. L'explication de ce phénomène est d'ailleurs très simple et repose sur le principe des vases communicants : si dans les deux vases sont des liquides de densité égale, les niveaux sont les mêmes ; mais si la densité est différente, le liquide moins dense aura un niveau un peu supérieur à celui de l'autre. Or, le détroit de Gibraltar est le canal faisant communiquer ces deux vases qu'on appelle la Méditerranée et l'Océan. On se souvient que la salure et par suite la densité de la Méditerranée est supérieure à celle de l'Océan, donc il y aura différence de niveau en faveur de l'Océan.

Un phénomène analogue, mais de sens contraire, s'observera pour la mer Baltique par rapport à la mer du Nord.

Mais dans les vases communicants, il y a aussi les faits de pression. Le liquide monte plus haut là où la pression est moindre. Donc, quand la pression barométrique augmente, le niveau de la mer baisse et inversement. En janvier 1882, il y eut plusieurs jours de pressions variant entre 778 et 780 sur la Méditerranée. Le niveau baissa de 0^m,30.

Enfin, il faut tenir compte des marées. Cela se voit à Suez, par exemple. On a d'un côté la Méditerranée où il y a peu de marée, de l'autre la mer Rouge où la marée est forte. A la haute mer, le niveau de la Méditerranée est de 0^m,80 plus bas que la mer Rouge.

Voilà qui est déjà fait pour dérouter les géographes habitués à calculer les hauteurs des montagnes au-dessus du niveau de la mer ; ce qui va suivre achèvera de les plonger dans un abîme de perplexités.

C'est une chose connue que le fil à plomb est dévié par le voisinage des montagnes ; il ne suit plus la verticale, mais incline vers la montagne. Cette force d'attraction est aussi celle qui détermine les oscillations du pendule. Ces oscillations sont en rapport avec la distance qui sépare le pendule du centre de la terre. Plus le pendule est éloigné de

ce centre, moins ses oscillations sont rapides. Si vous gravissez une montagne avec un pendule à secondes, vous obtenez une oscillation de moins en 24 heures chaque fois que 120 mètres sont franchis.

Or, des Allemands ont constaté que le pendule à secondes dans les îles océaniques donne plus d'oscillations en 24 heures que sur le bord des mers d'Europe. Aux îles Maldives, il donne trois oscillations de plus qu'à Calcutta, aux Açores, ce chiffre s'élève à 9,3. Une conséquence facile à tirer, c'est que sur ce point le niveau de la mer est à *plus d'un kilomètre* au-dessous de celui des mers d'Europe. On a constaté de même, à Sainte-Hélène une dépression de 847 mètres ; la plus forte dépression serait aux îles Bonin au S. E. du Japon ; elle s'élèverait à 1347 mètres.

Et cela s'expliquerait assez aisément. De même que la montagne attire le fil à plomb, de même la masse continentale attire l'eau de la mer dont le niveau serait alors plus haut sur les rivages que dans les solitudes océaniques.

Ainsi, il est possible que toutes les mesures géodésiques prises jusqu'à ce jour soient fausses.

Mais quittons la surface pour n'y plus revenir. Les résultats les plus récents accusent pour l'Océan en général une profondeur moyenne de 3,440 mètres, celle de l'Océan Atlantique étant de 3,680 mètres : mais ce n'est là qu'une moyenne.

Il n'y a pas longtemps encore qu'on croyait voir en l'Atlantique un bassin régulier, formant un angle dièdre. On sait maintenant qu'il existe une chaîne sous-marine, montrant au nord le plateau de l'Islande, plus loin, celui du télégraphe (ainsi nommé du câble sous-marin). Vient ensuite le banc des Açores, qui s'étend sous la mer avec une surface presque équivalente à celle de l'Europe. Au sud de ce plateau vient celui des Bermudes ; puis la chaîne s'enfonce pour se relever à l'île Saint Paul, elle tourne vers l'est, s'infléchit à l'Ascension, et à Sainte-Hélène, enfin elle arrive à Saint-Jean d'Acunha, décrivant ainsi une sorte de S majuscule.

De chaque côté de ce plateau on constate des profondeurs plus grandes.

Du côté oriental on signale le sillon du golfe de Gascogne, puis la fosse orientale des Açores avec une profondeur variant entre quatre et cinq kilomètres. Vient ensuite le sillon des Canaries, du Cap-Vert, au centre de l'Atlantique, avec une profondeur dépassant souvent cinq kilomètres. Le sillon décrit ensuite un coude, suit le golfe de Guinée

et va vers le sud, arrivant à des profondeurs de 6,000 mètres. Cette dépression se trouve à une certaine distance du continent africain qui s'enfonce en pente douce et montre les reliefs de Madère, des îles Canaries, du Cap-Vert qui sont de nature volcanique.

Entre Madère et le Portugal se trouvent des récifs à une profondeur de 60 mètres environ ; ce sont les bancs de Goring, du nom du navigateur qui les a découverts. Ils sont formés de coraux. Il est probable que sous les coraux on trouverait une roche volcanique. Dans le prolongement de Sainte-Hélène se trouvent des rochers volcaniques.

A l'O. de l'Atlantique nouveau sillon occidental. Au nord des Bermudes se trouve une double cuvette profonde que les Américains appellent la marmite atlantique : Entre les Bermudes et les Açores est le sillon occidental des Açores dont le point le plus profond est 5,260 mètres par 35° 7' lat. N., et 52° 31' long. O. (1) ; entre les Antilles et les Bermudes, le sillon occidental des Bermudes avec une profondeur de 7,086 mètres par 19° 41' lat. N. et 65° 7' long. O. Plus au sud vient le sillon du Brésil, dans les parages de Tristan d'Acunha avec 6,606 mètres par 19° 55' de lat. S. et 25° 50' long. O. C'est sur le bord de ce sillon que se trouve l'île Fernando de Noronha, peu considérable, mais très peuplée, car c'est le lieu de déportation du Brésil. Vient ensuite le sillon de l'Amérique du sud qui aboutit à l'archipel de Nouvelle Georgie.

On a peu de notions sur la terminaison sous-marine de l'Atlantique vers le sud. L'extrémité nord est au contraire beaucoup mieux connue.

Les îles britanniques reposent sur un banc de 200 mètres de profondeur qui les réunit à la France et s'étend sous une grande partie de la mer du Nord. Il est limité à l'O. par un sillon situé au large de l'Irlande et de l'Écosse et qui rejoint au S. le sillon des Açores.

A l'O. de ce sillon, il y a une série de hauteurs dont une émerge en formant l'îlot granitique de Rockall ; cet îlot, digne de Robinson, a 75 mètres de circonférence et une montagne de 21 mètres d'altitude. Il est situé par 57° 30' lat. N. et 13° 45' long. O. Un peu au sud se trouve le banc de Porcupine, ainsi appelé du navire qui le trouva. Il a 150 mètres de profondeur par 53° 20' de lat. N. et 13° 40' long. O.

(1) Les longitudes exprimées dans cette étude sont prises par rapport au méridien de Greenwich.

Le sillon passant à l'O. de l'Irlande et de l'Écosse se prolonge entre les îles Feroë et le banc qui prolonge au N. les îles britanniques. C'est le canal de Lightning, profond de 1,100 mètres. Les îles Feroë sont situées sur un banc dirigé du S.-O. au N.-E. Un second sillon existe entre les îles Feroë et l'Islande, mais il n'y a que 450 mètres de fond, c'est un véritable seuil. Le détroit danois, situé entre l'Islande et le Groënland est aussi un seuil variant entre 550 et 670 mètres de profondeur. Ces deux seuils empêchent la communication profonde entre les eaux froides des fonds de l'Océan glacial et celle de l'Océan atlantique.

Entre le Groënland et l'Amérique, le détroit de Davis a une profondeur de 3,000 mètres : la profondeur maxima est 3,715 mètres.

L'étude de ces fonds de l'Atlantique peut fournir certaines conclusions appuyées sur des considérations géologiques.

A l'époque primaire, la structure géologique des deux continents présente de grandes analogies. L'Afrique est entièrement formée de terrains cristallins et granitiques, l'Amérique du Sud également.

L'Amérique du Nord et l'Europe ont aussi des analogies sous le rapport des terrains. Leur faune est sensiblement pareille. On peut en conclure que pendant l'âge primaire, il y avait des rapports intimes entre les deux continents. Peut-être l'Europe et la partie septentrionale de l'Amérique formaient-elles alors une série d'îles.

A l'âge secondaire, on relève des différences des deux côtés. On peut dire que l'Atlantique existait déjà. La France, l'Angleterre, l'Espagne, le nord de l'Afrique étaient recouverts par la mer : on y trouve, pour cette époque, toute une série de dépôts marins. En Amérique, on trouve, au contraire, un grand développement des dépôts terrestres ou lacustres : il n'y a que peu d'analogie entre les fossiles des deux continents.

A l'époque tertiaire, on trouve des dépôts marins en Amérique et en Europe, mais réduits et seulement le long des côtes. Le bord de la mer était alors peu différent du littoral actuel.

On peut conclure de cet ensemble de faits que l'Atlantique existe depuis l'âge secondaire, que depuis cette époque, il s'est continuellement approfondi par le rapprochement des deux continents et l'enfoncement du bassin produit par la contraction du globe.

Actuellement, sauf dans les latitudes supérieures, aucune espèce

animale n'est commune à l'Amérique et à l'Europe : espèces, genres, familles, tout est différent. Cela a-t-il toujours été ?

Aux anciennes époques géologiques, on trouve des animaux très semblables ; mais cette similitude ne tarde pas à disparaître.

A côté de cela, le progrès organique est le même sur les deux continents : sauriens, oiseaux, mammifères, depuis les marsupiaux jusqu'au singe et à l'éléphant. On trouve le même progrès organique aux mêmes époques, et pourtant il ne pouvait y avoir aucune relation de parenté entre des êtres séparés par l'immensité de l'Océan.

D'ailleurs, la marche suivie n'était pas tout à fait la même. Dans les mauvaises terres de Nebraska, dont l'âge n'est pas complètement déterminé, on a trouvé des reptiles caractérisant l'âge secondaire à côté de végétaux de l'époque tertiaire : depuis, on y a même trouvé des mammifères ; il est vrai qu'en 1890 le docteur Lemoine a montré que ces mammifères du terrain crétacé d'Amérique appartiennent aux genres que l'on a trouvés dans le terrain tertiaire du bassin de Paris. Que conclure de ce terrain, secondaire par les reptiles, tertiaire par les végétaux et les mammifères, sinon que le progrès organique n'a pas suivi absolument la même marche en Amérique et en Europe.

Qu'est donc alors la crête du centre de l'Atlantique ? Ce ne peut être, nous venons de le voir, un continent qui s'enfoncé. Est-ce donc un continent qui émerge ? A défaut d'une relation ancienne, est-ce une relation future des deux mondes ?

Nous connaissons cette crête par les parties qui émergent : Açores, Bermudes, Saint-Paul, Ascension, Tristan d'Acunha. Or, ce sont toutes îles volcaniques qui, par cela même, ne peuvent se rattacher ni à l'Amérique, ni à l'ancien continent. En revanche, elles indiquent une cassure par laquelle l'intérieur du sol a communiqué avec l'extérieur.

Il est impossible d'admettre une ligne volcanique sur un ancien fond de mer à grandes profondeurs, elle est toujours sur le bord des continents ou sur une chaîne sous-marine. Ces îles volcaniques indiquent donc qu'il y a sous elles une chaîne de nature différente, terrains stratifiés, granits ou roches analogues. Si c'était une ancienne chaîne enfoncée peu à peu, ils seraient entourés de récifs de coraux : or, cela n'est pas.

Nous sommes donc bien en présence d'une chaîne en voie de formation. Primitivement l'Atlantique formait un bassin synclinal en V ;

par suite du rapprochement lent, mais continu des deux continents, il s'est formé un pli saillant anticlinal au centre. Plus les deux sillons latéraux se creusent, plus ce pli s'accroît; il s'élèvera ainsi de plus en plus au fur à mesure que les sillons s'approfondiront, et un continent intermédiaire finira peut-être par s'interposer entre le nouveau et l'ancien monde dont il sera séparé de chaque côté par une mer profonde et étroite.

La connaissance des profondeurs océaniques nous permettra d'étudier avec plus de précision la température des eaux.

On a constaté que la température décroît graduellement jusqu'à environ 1,000 mètres. Là elle atteint + 4 degrés centigrades, maximum de densité. Longtemps on a admis qu'en vertu de cela toute la couche inférieure était à la température uniforme de + 4 degrés. De nos jours, on a constaté que si on va plus au fond la température diminue encore. Dans les régions tropicales, pour les grandes profondeurs, on a trouvé la température zéro, pour les mers polaires — 2°,5. On a même remarqué une température plus basse à l'équateur même que dans les régions plus septentrionales. C'est que l'Atlantique communique librement avec les mers polaires du sud; il se forme un énorme courant sous-marin d'eau froide venant du pôle sud vers l'équateur pour compenser les eaux superficielles transformées en vapeur. Ce courant, en certains endroits, est à 3 kilomètres 1/2 de profondeur et marche très lentement.

Au contraire, pour la partie septentrionale, la communication avec les régions polaires est plus difficile. Entre les Feroë et la Norvège le canal de Lighting n'a qu'une profondeur médiocre et les eaux du Gulf-Stream viennent y faire un nouvel obstacle au courant d'eau froide. Le seuil entre Feroë et Islande est si peu profond qu'un grand courant froid sous-marin partant des mers polaires y serait aussitôt arrêté, ainsi s'explique ce phénomène de toute la partie septentrionale de l'Océan plus chaude que la partie méridionale.

Ainsi, prenons le 42° parallèle au nord et au sud de l'Équateur, nous trouverons les températures suivantes :

	Nord.	Sud.
Pour 185 mètres	7°2	2°5
365 »	5°	1°9
1830 »	2°9	1°7

A l'Équateur, nous aurons les chiffres suivants pris au mois de mars :

Surface	27°
à 90 mètres	19°
à 180 »	12°4
à 360 »	8°3

Soit environ un abaissement de 2° 1/2 par 100 mètres.

Voyons maintenant les sédiments de l'Atlantique, sédiments de mers profondes qui n'ont rien de commun avec les sédiments cotiers :

1° Boue jaune, mélangée d'argile et de sable, entraînée par les grands fleuves. Prise par les courants à l'embouchure des fleuves, elle peut aller très loin : on le voit pour l'Orénoque, l'Amazone, le Mississipi ;

2° Boue bleuâtre, argileuse, non plastique, à odeur sulfurée. On la trouve dans le voisinage des continents, et surtout pour les mers fermées, jamais dans des fonds considérables. Un banc de cette boue part du golfe de Guinée et suit la côte d'Afrique jusqu'au Portugal ;

3° Boue verte plus sableuse que la précédente et devant sa coloration à la présence de grains de glauconie ; elle est souvent mélangée de nodules de phosphate de chaux et ne se trouve pas à des profondeurs supérieures à 1,200 mètres. On en trouve beaucoup sur la côte américaine, dans le voisinage du passage du Gulf-Stream, mais non pas sur le fond balayé par le courant, car là on retrouve la roche ;

4° Boue grise ou noire, d'origine volcanique. Elle est formée de fragments de pierre ponce, de scories, de laves, de cendres. On la trouve naturellement dans le voisinage des contrées volcaniques : Cap-Vert, Canaries, Madère, Açores, etc. ;

5° Boue corallique : Elle est composée en très grande partie d'une matière crayeuse amorphe, contenant de très petits fragments de calcaires, où dans les grains les plus gros on retrouve la structure des coraux.

On la trouve dans le voisinage des îles coralliennes, à l'archipel Bahama. On distingue quelquefois la boue formée par les coraux proprement dits et celle formée par les plantes calcaires appelées corallines ;

6° Les vases. C'est une substance molle, beaucoup plus fine encore que les boues, et où le rôle du sable est nul. On en distingue deux

grandes espèces. Mais une seule de ces espèces se trouve dans l'Atlantique, ce sont les *vases à globigerines*.

Les globigerines sont des cellules calcaires, habitées par des animaux d'ordre inférieur qui pullulent à la surface de la mer. Quand l'animal meurt, les globigerines descendent peu à peu et lentement au fond de l'Océan. Avec les siècles, ces masses de globigerines se superposent en couches épaisses. Parfois les globigerines restent entières, mais le plus souvent, surtout là où se trouvent les grandes profondeurs, grâce à un parcours plus long, elles sont corrodées par l'action chimique de la mer. Avec la profondeur, le nombre des globigerines diminue peu à peu, à cause de cette action chimique, elles finissent même par disparaître. Les vases à globigerines ne dépassent pas les profondeurs de 4,500 à 5,000 mètres. La plus grande profondeur qu'elles atteignent est aux environs de Madère.

Dans le voisinage du Mexique et dans le Gulf-Stream on trouve beaucoup de ptéropodes mollusques nageurs, avec coquille calcaire, en coin ou en spirale, et qui pullulent à la surface de l'Océan. Comme pour les globigerines, leurs coquilles s'enfoncent après la mort du propriétaire. On a alors une vase à ptéropodes et à globigerines ;

7° L'argile rouge du fond des mers. On la trouve dans les grands fonds, à partir de 3,600 mètres. Elle est très fine, impalpable. Vue au microscope, elle offre des grains cristallins de nature minérale où l'on a reconnu des cendres volcaniques et de ces poussières sidérales qui par moments s'abattent sur la terre. D'après M. Marray, cette argile rouge serait le produit de matières volcaniques altérées par l'influence chimique de la mer. On y trouve de curieuses concrétions : de l'oxyde de manganèse, et, au centre, un noyau de nature toute différente, soit l'os de l'oreille d'une baleine, soit une dent de requin.

Voyons maintenant comment se répartissent ces dépôts. Prenons pour cela une coupe de l'Atlantique en partant des Canaries pour aboutir à Sombrero, îlot anglais des petites Antilles, situé entre Saint-Martin et le groupe des îles Vierges.

Suivons d'abord la pente africaine : sur une longueur de 150 kilomètres nous trouvons des cendres et des boues volcaniques, sur une longueur de 648 kilomètres des vases à globigerines pour une profondeur variant entre 3420 et 4060 mètres. — Mais nous voici dans le sillon oriental de l'Atlantique : aussitôt apparaît l'argile rouge, sur les

deux côtés du talus, sur une longueur de 1945 kilomètres — Puis nous voilà sur le plateau de Dolphin : les profondeurs varient entre 3475 et 3750 mètres. Aussitôt reparaissent les vases à globigerines sur une longueur de 611 kilomètres. Mais nous retombons dans les grandes profondeurs du sillon occidental, alors reparaît l'argile rouge pendant 1577 kilomètres et enfin la pente américaine nous ramène aux vases à globigerines sur un parcours de 74 kilomètres. Cela nous donne un total de 1353 kilomètres de boues à globigerines et de 3522 kilomètres d'argile rouge.

Terminons par quelques observations sur les îles de l'Atlantique.

Et d'abord les îles orientales : Madère, Canaries, îles du Cap-Vert. Elles sont volcaniques, et indiquent une faille, un point faible de la croûte terrestre. Voisines du continent, elles ont la même flore, la même faune, avec quelques oiseaux spéciaux, cependant : on connaît les *Canaris*

Passons à la chaîne centrale. Le rocher de Rockall n'a pas d'habitants. Les Açores ont des mammifères importés, de nombreux oiseaux de mer et trois sortes de reptiles : la tortue franche qui est une tortue de mer, la grenouille de nos pays qui est sûrement une importation et un lézard originaire de Madère. Parmi les Mollusques terrestres il faut citer un genre spécial *Viquesnilia* et quelques autres types locaux. Les Bermudes ont toutes les animaux d'Amérique et même un petit lézard qui ne se retrouve que dans la Caroline et dont les œufs auront été apportés par le Gulf-Stream dans l'île océanique. Saint-Paul n'est habitée que par les oiseaux de mer, l'Ascension et Sainte-Hélène n'ont ni faune ni flore indigène ; Tristan d'Acunha a des villes, mais bâties par les oiseaux de mer qui ont été longtemps les seuls habitants du pays.

La conclusion à tirer de ce rapide examen, c'est que les îles de l'Atlantique ont toutes une flore et une faune correspondant à celle des continents les plus rapprochés. C'est une preuve à joindre aux considérations géologiques développées plus haut et qui démontre que l'abbé Brasseur de Bourbourg a recommencé le rêve de Platon, lorsque, s'appuyant sur des légendes du Mexique, il a voulu renouveler la théorie désormais condamnée d'un continent disparu, de la merveilleuse Atlantide.

VI.

MERS INTÉRIEURES FORMÉES PAR L'Océan ATLANTIQUE.

Les deux rives de l'Océan atlantique présentent, surtout pour l'ancien continent, des découpures assez nombreuses et assez importantes pour être considérées comme des mers intérieures. Il est toutefois un groupement qui s'impose par l'inspection de la carte. Entre les deux Amériques s'étend une mer intérieure, véritable Méditerranée du nouveau monde, communiquant par une série de portes étroites avec la masse océanique, divisée en deux grands bassins distincts. Cette disposition se retrouve dans notre Méditerranée du vieux monde qui a aussi les deux bassins et une étroite porte de communication avec l'Océan. Les mers du Nord sont plus ouvertes, de caractères moins originaux. Une division tripartite semble donc s'imposer pour cette étude des mers de formation océanique :

- 1° La Méditerranée américaine (golfe du Mexique et mer des Antilles) ;
- 2° La Méditerranée proprement dite ;
- 3° Les mers septentrionales de l'ancien continent.

LA MÉDITERRANÉE AMÉRICAINNE.

Elle est séparée de l'Atlantique par une barrière visible constituée par la presqu'île de Floride et ce long chapelet d'îles, véritable pont insulaire, faisant pendant au pont continental de l'Amérique centrale, je veux dire les îles Lucayes ou Bahama, Haïti, Porto-Rico, les petites Antilles.

En avant de cette barrière visible s'en trouve une autre sous-marine, véritable terrasse dont la profondeur varie entre 2,000 et 3,000 mètres, passant au large des îles que nous venons de citer.

Du côté de l'Atlantique, les pentes de cette terrasse sont très rapides.

Au nord de Porto-Rico nous trouvons très vite une profondeur de 8,330 mètres, la plus grande de l'Atlantique. Nous trouvons là des abruptes, avec des pentes de 38 degrés, telles que l'homme ne pourrait les gravir sur le continent. A ce propos remarquons que, dans les fonds océaniques, les pentes se conservent mieux qu'à la surface terrestre où elles sont attaquées par les influences atmosphériques.

Ces abruptes semblent le résultat d'une cassure. En effet, sur leur rebord se trouvent les nombreux volcans des petites Antilles.

Ainsi se trouve isolée la Méditerranée américaine, elle-même divisée en deux parties. En effet, entre la Floride et Cuba, la profondeur du détroit ne dépasse pas 700 mètres. Une véritable chaîne de montagnes part de Porto-Rico, émergeant à Haïti et Cuba, rejoignant par un véritable seuil sous-marin le cap Catoche à l'extrémité du Yucatan. La Floride et Cuba, les deux seuils rejoignant Cuba : 1° à la Floride; 2° au Yucatan, constituent la séparation entre la mer des Antilles et le golfe du Mexique.

Étudions la mer des Antilles.

Le fond en est parsemé de rides. Sans parler de la chaîne que nous venons de voir, une seconde se détache de Cuba en formant la Sierra Maestra si riche en cuivre qu'on l'appelle aussi *del Cobre*, elle plonge sous les flots non sans reparaitre à l'île Cayman, forme le banc Misteriosa, et aboutit à Belize, dans le Honduras anglais. Une troisième chaîne part du sud d'Haïti, s'épanouit à la Jamaïque et va rejoindre la côte des Mosquitos par un banc sous-marin dont le fond ne dépasse pas 200 mètres. C'est le banc de Rosalinde.

Entre ces collines sont ménagées des vallées ou des fonds :

1° Le fond de Yucatan, entre cette presqu'île et Cuba, on trouve des profondeurs de 3,800 mètres ;

2° Le sillon de Barlett, étroite et profonde dépression qui atteint 6,270 mètres dans les parages de la Jamaïque où s'élève la montagne bleue (2,800 mètres). Ajoutons ces chiffres, et nous trouvons un total supérieur à l'altitude du Gaurisankar, le point culminant du globe ;

3° Le fond de Windward qui atteint 4,000 mètres, se relève il est vrai à 800 mètres entre Cuba et Haïti, au *Passage du Vent*, mais se prolonge, par l'immense dépression du nord de Porto-Rico.

Au nord du Vénézuéla s'étend une quatrième fosse qui arrive à 4,000 mètres sans offrir rien d'intéressant. Cette disposition de la mer des Antilles est un des plus beaux exemples de sol sous-marin acci-

denté. Elle montre que les montagnes se conservent mieux au fond de l'Océan que sur la terre émergée où elles subissent l'action continuelle de la chaleur et du froid, de la pluie et la glace.

Passons maintenant au golfe du Mexique.

Nulle part il ne dépasse la profondeur de 3,800 mètres, et encore l'atteint-il rarement. Le 1/3 de la surface a une profondeur inférieure à 200 mètres. Il se comble rapidement, moins peut être par les boues qu'apporte le Mississipi que par les sédiments marins dont il va être question.

Les dépôts qui se forment au fond de la mer et dont les sondages ont révélé la nature sont : 1° les limons apportés par les trois grands fleuves. D'abord ceux du Mississipi, relativement peu considérables : entraînés par le Gulf-Stream, ils se jettent vers la Floride. Viennent ensuite ceux du Saint-Laurent, pris par le contre-courant d'eau froide venant du nord vers le sud : ils sont également portés vers la Floride. Mais l'apport le plus considérable est celui de l'Amazone. Pris par le courant équatorial, les troubles sont entraînés vers le nord, dans la direction des Antilles. Ils viennent heurter le talus qui les précède, de telle façon que par 1,600 mètres de profondeur et à 36 kilomètres des Antilles, on trouve une quantité de débris organiques, jusqu'à des troncs d'arbre, des fûts, des squelettes, des coquilles fluviatiles.

2° Des sables volcaniques et des cendres, toutefois peu nombreux ;

3° Des boues à globigerines et à ptéropodes dans les endroits profonds. On trouve dans ces boues de nombreux osselets d'oreille de poisson, parfois aussi des dents de poisson. Pourquoi pas de squelettes ? à cause de l'action dissolvante des eaux de mer qui font disparaître les os de moindre consistance ;

4° Enfin et surtout on rencontre des boues calcaires, coralliques, compactes, avec de nombreux débris de mollusques ; car, dans ces parages, la vie est particulièrement intense, non-seulement à cause du climat, mais aussi à cause de la nourriture que le Gulf-Stream apporte à des milliers de coraux, mollusques, annélides, échinodermes, foraminifères.

C'est ainsi que s'est formé un plateau, non de boue, mais bien d'une roche calcaire solide, partant de la Floride et allant rejoindre les Antilles avec des profondeurs de 160 à 500 mètres. On l'appelle le plateau Pourtalès, du nom de celui qui, le premier, en a révélé l'existence. Tous les débris calcaires sont soudés entre eux, car la décom-

position des matières organiques produit de l'acide carbonique qui agit sur le carbonate, le dissout, d'où des cristallisations qui comblent les vides ménagés entre les coquilles. Nous assistons ainsi à la formation d'un calcaire récent où l'on trouve même encore du phosphate de chaux.

La Floride offre un curieux exemple de ces formations coralliennes. Elle se prolonge vers l'ouest par toute une série d'îles basses atteignant une hauteur maxima de 4 mètres : c'est ce qu'on appelle les *Keys*.

Les *Keys* sont formés d'une base de coraux massifs, méandrum, astreides recouverts de fragments de coraux branchus, de mollusques, de corallines et autres algues calcaires apportés par la vague, brisés, triturés, mêlés à des oolites calcaires et finissant par se consolider en un calcaire compact. Mais à certains moments le flot détruit ce qu'il a construit. Ces calcaires sont brisés ; puis les fragments sont resoudés en une brèche fort analogue pour la structure et l'origine aux brèches du calcaire carbonifère.

Au sud et en avant des *Keys*, séparés d'elles par un canal navigable, il y a une ceinture de récifs coralliens qui dépasse rarement le niveau de l'eau. Ils forment une large plaine où les bouches rougissantes des animaux coralliens apparaissent comme autant de fleurs qui émaillent ce jardin de Neptune. Ce sont les débris de ces récifs qui, poussés par la vague de la marée, vont s'amonceler à la surface des *Keys* comme sur des dunes calcaires.

Au nord des *Keys* se trouvent les *Flats*, des amas d'une boue jaune et molle, qu'on ne saurait appeler ni terre ni eau, et où sortent de nombreux palétuviers formant fouillis, qui arrête la boue apportée par le courant littoral du golfe du Mexique. La Floride s'est formée par une réunion de récifs, de *Keys* et de *Flats* dont les lagunes se sont peu à peu comblées.

Ces formations coralliennes se retrouvent au Yucatan, au Honduras (plateau des Mosquitos), autour de Cuba et aussi aux petites Antilles. Là elles affectent une forme particulière. Les petites Antilles forment, en effet, deux arcs de cercle concentriques dont la convexité est tournée vers l'Océan. Les coraux se sont particulièrement développés sur la face qui regarde l'Océan. Ils ont pour bases des îlots de terrain ancien ou des cônes volcaniques. C'est ce qui a lieu à la Trinité, à la Barbade, à la Grande Terre, à la Guadeloupe, à Antioa, etc.

Les coraux ne peuvent dépasser le niveau de la mer, ils meurent au delà.

Or, à la Barbade, à Cuba, on voit des formations coralliennes à plus de cent mètres au-dessus du niveau de la mer. On doit en conclure que cette région, jadis au niveau de la mer, s'est élevée. C'est là un phénomène important qui semble infirmer la théorie de Darwin sur le développement des îles coralliennes.

LA MÉDITERRANÉE DU VIEUX MONDE.

Elle aussi est divisée en deux bassins : Entre la Sicile et le cap Bon, en Tunisie, s'étend un nouveau seuil dont les parties saillantes sont le banc de l'Aventure par 110 mètres de profondeur et le banc de Skerki. A gauche de cette ligne de séparation s'étend le bassin occidental de la Méditerranée, à droite le bassin oriental plus important et plus étendu.

Le détroit de Gibraltar, dans sa partie occidentale, a une profondeur moyenne de 200 mètres, on y voit cependant des chenaux de 400 mètres. Le seuil au sud de la Sicile ne présente pas de fonds supérieurs à 450 mètres. Il en résulte qu'un soulèvement de 450 mètres transformerait la Méditerranée en deux grands lacs salés.

Prenons d'abord le bassin occidental.

Sa profondeur varie entre 1,800 et 3,000 mètres. Les côtes baissent rapidement, on dirait un vase aux parois abruptes.

Il s'y rencontre pourtant deux plateaux : 1° celui des Baléares qui se rattache à la côte d'Espagne ; 2° celui qui relie la Corse et l'île d'Elbe à la Toscane. Ces terrains atteignent encore la profondeur de 1,000 mètres.

Au nord du plateau des Baléares, la profondeur augmente vite pour arriver à 2,450 mètres au nord de Minorque ; à 75 kilomètres au nord-est de la même île, on trouve 3,070 mètres, profondeur maxima du bassin.

La partie septentrionale du bassin s'enfonce dans les terres où elle découpe deux golfes, celui du Lion, ainsi nommé, paraît-il, d'un rocher granitique des Pyrénées ayant la forme d'un lion accroupi, et le golfe de Gênes. Entre les deux il y a un promontoire formé par les terrains anciens qui s'étendent entre Toulon et Fréjus : ce sont les montagnes des Maures, pitons granitiques ainsi nommés parce que longtemps ils servirent de refuge aux Sarrasins, et ensuite l'Estérel, où dominent

les porphyres, montagnés abruptes dont les ravins jusqu'au xviii^e siècle servirent de refuge aux bandits. Les terrains de formation de ces massifs sont analogues à ceux des Pyrénées : il est probable qu'à une époque ancienne les Maures et l'Esterel étaient un prolongement de la chaîne pyrénéenne, se reliant peut-être à la Toscane par la Spezia. La ligne de profondeur de 2,000 mètres ne pénètre pas dans le golfe du Lion, il est vrai qu'elle pénètre dans celui de Gênes.

Les montagnes des Maures et l'Esterel formaient ainsi une barrière qui a duré pendant toute l'époque secondaire et aussi une bonne partie de l'âge tertiaire : Un affaissement datant de l'époque tertiaire a permis à la mer de franchir la barrière et de couvrir le bassin du Rhône jusque vers Lyon où elle a laissé des traces.

Cet affaissement fut suivi d'un exhaussement dont on voit les traces en Roussillon, ou mieux encore en Italie dans des collines sableuses pliocènes parallèles à la côte qu'elles dominent de 100 à 200 mètres sous le nom de collines Subapennines. Aux environs d'Alger, on voit aussi jusqu'à l'altitude de 200 mètres des argiles avec coraux semblables à celles qui se déposent actuellement sur la côte d'Algérie.

Enfin un nouvel affaissement s'est produit à une époque récente : car à l'époque quaternaire, l'Europe était en communication avec l'Afrique, Gibraltar est le seul point d'Europe où l'on trouve des singes comme en Afrique : il devait donc être uni au continent africain. De plus, à l'époque quaternaire, à l'âge de pierre, il y avait au sud de la France et en Italie des animaux africains comme l'éléphant, l'hyène, le lion. Il y avait certainement alors communication continentale. Il est probable que cette communication était plus large que celle qu'eût produit le détroit de Gibraltar. Elle devait probablement se faire par le banc de l'Aventure.

Quoi qu'il en soit, il n'est pas moins vrai qu'en face et très près des montagnes des Maures et de l'Esterel, on trouve des profondeurs très considérables avec des bancs de rochers sous-marins qui émergent aux îles d'Hyères et de Lérins et un grand nombre de plantes marines à immense développement, dites *herbiers*.

Si maintenant nous revenons au sud, nous y trouvons le fossé Algérien, grande fosse qui longe la côte d'Algérie à environ 80 kilomètres de distance avec des profondeurs variant entre 1,975 et 2,900 mètres. Il semble que cette fosse se prolonge au delà du cap Bon pour courir au sud de Malte, de Candie et même de Chypre.

Mais nous voici naturellement conduits dans le bassin oriental ; restons-y.

Entre les deux bassins paraît exister une cassure, partant de l'île Pantelaria entre la Tunisie et la Sicile, passant près l'emplacement de cette île Julia qui parut au sud de la Sicile en 1832 pour n'avoir qu'une existence éphémère, puis marquée par les volcans de l'Etna, des îles Lipari, du Vésuve. Comme toutes les autres, cette cassure est marquée par des volcans.

Aussitôt après cette cassure viennent les grandes profondeurs. Dans les parages de Malte on trouve 3,400 mètres. La profondeur maxima du bassin oriental est 3,968 mètres par 35°,5 lat. N. et 18°, 8 long.E. (méri-dien Greenwich).

Ce bassin oriental envoie dans les terres des ramifications autrement importantes que le précédent : ce sont de véritables mers.

1° La mer Adriatique, composée elle-même de deux parties, un bassin septentrional ou golfe de Venise avec une profondeur maxima de 250 mètres et que comblent peu à peu les alluvions du Pô. Cette partie septentrionale s'arrête à cette espèce d'éperon de la botte italienne que l'on appelle le mont Gargano. Ce promontoire se continue par un seuil unissant l'Italie à la Dalmatie, au delà duquel commence le second bassin profond de 1,590 mètres pour s'arrêter au seuil de Brindisi qui le sépare de la Méditerranée proprement dite.

2° La mer Égée. Elle est séparée de la Méditerranée par la terrasse des Cyclades. Elle atteint une profondeur maxima de 1,225 mètres entre Samos, Chio et Andros et possède aussi une cassure marquée par l'archipel volcanique des îles Santorin.

3° La mer de Marmara dépasse la profondeur de 1,000 mètres entre le seuil des Dardanelles (104 m.) et celui du Bosphore (50 à 75 m.).

4° La mer Noire est encore peu connue. Les Turcs font peu de géologie. Les Russes n'ont sérieusement étudié que la partie occidentale. On sait qu'elle dépasse souvent la profondeur de 2,000 mètres et que les grandes profondeurs sont au sud. Les grands fleuves viennent du nord et comblent la partie septentrionale par leurs alluvions. Le golfe d'Odessa n'a que 75 mètres de profondeur : la mer d'Azof est presque un lac. Les anciens la qualifiaient de marais ; *palus mœotides*. Sa profondeur maxima n'est que de 25 mètres et rarement le fond est à plus de 12 mètres.

En somme la Méditerranée est une grande et profonde cavité d'autant plus remarquable qu'elle existe au milieu des continents.

Elle est moderne et semble être le résultat de la formation des grandes montagnes qui l'entourent.

Les sédiments y sont nombreux ; le sable est rare : on le trouve seulement dans le voisinage des côtes, sur le plateau des Baléares, sur la terrasse du golfe de Gabès. Partout ailleurs le fond est recouvert d'une vase épaisse, formant bouillie avec l'eau : cela explique pourquoi la vie organique est peu développée dans les profondeurs de la Méditerranée.

En effet, au premier abord on devrait croire à une vie intense. La température de la Méditerranée est particulièrement élevée. Jusqu'à 18 mètres de profondeur, cette température suit les variations extérieures. Au-dessous elle est plus constante. Pourtant, jusqu'à 300 mètres on constate une température d'hiver et une autre d'été. Au delà de cette profondeur on trouve une température uniforme de 13 degrés pour le bassin occidental aussi bien que pour le bassin oriental. Cette température est bien plus élevée que celle de l'Atlantique à la même latitude et à la même profondeur. Cela tient au seuil de Gibraltar qui arrête les courants froids de l'Atlantique.

LES MERS SEPTENTRIONALES DE L'EUROPE.

L'Afrique, masse lourde et massive, ne nous offre pas de mers intérieures en relation avec l'Atlantique. Ces pénétrations de l'Océan dans l'intérieur de l'ancien continent, ne commencent à vrai dire qu'au-delà des Pyrénées. Là se présente aussitôt la première mer intérieure : c'est le *Golfe de Gascogne*.

Anciennement, il s'avancait beaucoup plus loin dans l'intérieur des terres. A l'époque tertiaire il allait jusqu'à Auch et couvrait presque toute l'Aquitaine : il alla toujours reculant, et les plus récents dépôts marins se trouvent dans les Landes. On peut même supposer qu'aux époques crétacée et jurassique, le golfe de Gascogne existait déjà et constituait un bassin de sédimentation limité au nord par la Vendée, à l'est par le plateau central et au sud par les Pyrénées. Le long de la côte française du golfe de Gascogne, règne une terrasse limitée par la ligne de 200 m. et dont la largeur augmente à mesure que l'on avance vers le nord.

Distante d'environ 40 kilomètres des bouches de l'Adour, on la retrouve à 150 kilomètres des côtes de Vendée, à 480 d'Ouessant, puis elle s'épanouit pour former le plateau Britannique.

A partir de la ligne de 200 m. la pente est très rapide jusqu'à 4000 m. A la latitude d'Oléron, cette profondeur de 4000 m. est à 5 kilomètres 500 de la terrasse de 200 m., ce qui donne une inclinaison de près de 35°.

Entre les lignes bathymétriques de 200 et de 150 m., on trouve deux hauts-fonds, la Petite Sole et la Grande Sole, situées toutes deux au sud de l'Irlande ; la première a 149 m. de profondeur, elle est à la latitude de Brest ; la seconde, beaucoup plus étendue, a des fonds de moins de 100 m. ; elle est sous le parallèle de Cherbourg.

Si la ligne de 200 m. est régulière, celle de 150 est très sinueuse. Les lignes de moindre profondeur suivent la côte : celle de 50 m. limite une terrasse qui porte toutes les îles littorales, celles-ci ont la même structure géologique que la partie voisine du continent ; ce qui prouve qu'elles en ont été détachées par l'action destructive des vagues. On peut citer d'abord les îles Granitiques.

Les formations secondaires jurassiques et crétacées forment les îles d'Oléron et de Ré, on les retrouve en rochers sous-marins autour de Noirmoutiers et même de Belle-Isle.

Les sédiments qui se forment dans le Golfe de Gascogne peuvent se diviser en trois zones :

1° Une zone littorale assez variable dépendant de la nature des côtes. C'est du sable le long des landes ; à l'abri des îles d'Oléron et de Ré, il se dépose de la vase sur les côtes de la Charente ; le long des côtes de Vendée et de Bretagne, il y a tantôt du sable, tantôt de l'argile, qui proviennent de la destruction des falaises de roches granitiques pour le sable, de schistes primaires pour l'argile.

2° Plus au large on trouve une zone sableuse assez régulière.

3° Enfin plus loin encore, entre les lignes bathymétriques 100 et 150, règne une large zone vaseuse qui paraît provenir de la destruction de la terrasse sous-jacente.

Cette terrasse est parsemée de rochers sous-marins et aussi d'îles, plus nombreuses au fur à mesure qu'on s'élève vers le Nord.

Les rochers sous-marins se rencontrent au large de Biarritz : ils émergent déjà vers la Gironde avec le rocher qui supporte le phare de Cordouan. Les îles de Ré et d'Oléron sont calcaires, et à l'embou-

chure de la Loire, le plateau du Four n'affleure pas : Puis, comme nous avançons vers le Nord, voici venir les îles plus nombreuses des côtes de Vendée et de Bretagne : Yeu, Noirmoutier, Belle-Ile, Groix, Glenan, Sein, Bóniguet, Ouessant.

Les îles Britanniques ne sont autre chose que les parties saillantes de la terrasse de 200 mètres.

Comme sur la côte occidentale de France, les rivages sont découpés, les récifs fréquents, les îles nombreuses, composées comme les falaises occidentales de terrains primaires et cristallins.

La terrasse offre pourtant sur ce point deux grandes vallées : l'une s'ouvrant vers le sud, c'est le détroit du Minck, la vallée des Hébrides, entre les îles de ce nom et l'Écosse, avec une profondeur de 240 mètres ; l'autre s'ouvrant vers le nord, c'est la vallée de l'Irlande, ou canal du Nord, entre la verte Erin et l'Écosse, profonde de 270 mètres, près de Belfast.

Des dépôts analogues à ceux du littoral ouest de la France se retrouvent pour les mêmes raisons sur les côtes de Grande-Bretagne.

Entre cette île et la France s'étend *la Manche*. Sa profondeur varie entre 50 et 100 mètres avec une fosse de 174 mètres au N.-O. d'Aurigny et de Guernesey. L'examen de ces faibles profondeurs permet de dire que nous sommes en présence d'une simple vallée du plateau sous-marin que nous venons d'étudier.

Sur la côte française on doit signaler une terrasse de moins de 50 m. qui s'étend de la pointe de la Hogue aux sept îles, et dont les îles Normandes ne sont que les sommets.

Il y a peu de sédiments dans la Manche, mer traversée par des courants forts et nombreux. Presque partout la sonde atteint le rocher ancien. Dans les parties à sédiments on trouve un sable très coquillier ; sur les côtes de Bretagne et de Normandie, on trouve de l'argile due à la destruction des falaises.

Si nous examinons une carte géologique, nous voyons que les mêmes terrains se rencontrent des deux côtés de la Manche. On en conclut qu'il y avait jadis communication continentale entre l'Angleterre et la France.

Quel a été l'agent de séparation ? Dans l'île de Wight, les couches du terrain tertiaire éocène sont fortement inclinées ; il est donc permis de croire que c'est une ride datant de l'époque oligocène ou miocène qui a déterminé l'enfoncement de la Manche, que les courants et les vagues se sont ensuite chargés d'élargir.

Le détroit du Pas-de-Calais n'est à coup sûr pas plus ancien que la Manche, puisque les couches de terrain sur les deux rives se correspondent également. On remarque en outre que dans le Sussex il y a sur le plateau des dépôts tertiaires pliocènes plus récents, qu'on retrouve à Cassel, au Blanc-Nez, aux Noires Mottes, de Sangatte; mais non sur les côtes de l'Artois et de la Picardie. Il est donc probable qu'ils représentent un dépôt de rivage formé entre l'isthme qui remplaçait alors le détroit et unissait la France à l'Angleterre. Une chose certaine, c'est que le détroit du *Pas-de-Calais* est d'origine très récente.

Ce détroit est le prolongement de la Manche avec une profondeur inférieure à 50 mètres.

Le talweg est assez régulier et présente un sillon plus profond que 50 mètres. Le *Creux de labour* part en face d'Étaples pour s'étendre jusqu'en face de Ramsgate. Il a successivement 28, 53, 56, 55 mètres de profondeur. Sa distance à la côte est variable. Au Sud il se rapproche de France, au Nord du comté de Kent en Angleterre. Au tunnel sous-marin de Sangatte, il est presque au milieu du détroit, à 17 kilom. de Douvres, à 18 de Sangatte, avec une largeur de 3 kilomètres.

Parcouru par des courants rapides, le détroit du Pas-de-Calais n'offre que peu de sédiments. On y voit à marée basse des rochers formés par les grès verts du gault; il y a aussi des collines sous-marines: la *Bassure de Bass* est un vaste banc dangereux, au large de la baie de Somme, avec des profondeurs variant de 6 à 9 mètres; le *Vergoyer* situé à l'O. a 5 à 10^m, le *Bullock bank* a de 16 à 18 mètres, le *Colbart* mesure 4 mètres de profondeur maxima avec 2 mètres de profondeur minima, et se trouve à peu près au milieu du détroit, par la latitude du Gris-Nez; le *Varne* est au point d'intersection du 51° lat. N. et du 1^{er} degré long. O. (méridien de Paris). Sa profondeur ne dépasse pas trois mètres.

De pareils bas-fonds sont dangereux pour la navigation, il a fallu les signaler par des bouées aux navires franchissant le détroit.

Ces reliefs ont une structure assez curieuse, que M. P. Hallez a mise en lumière. Sur les pentes, dans le bas, on trouve une partie rocheuse; le sommet est formé de sable; entre les deux on trouve du galet. Le socle est ainsi formé par la roche solide du fond. Le galet peut s'être formé soit sur l'ancienne plage au fur et à mesure de la destruction de l'isthme, soit sur les hauts fonds à une époque d'exhaussement du

détroit. Quant aux sables ils s'amoncellent là où les courants ont moins de force.

Le Pas-de-Calais nous conduit dans la *mer du Nord*.

Les pentes de cette mer sont tournées vers le Nord où se trouvent par conséquent les grandes profondeurs. Elle est traversée au milieu par le *Dogger-Bank* s'étendant entre le cap Flamborough en Angleterre et l'embouchure du Ribe dans le Jutland. La profondeur de ce banc varie entre 15 et 30 mètres, il présente quelques canaux dont la profondeur atteint 60^m.

Le bassin méridional ainsi ménagé dans la mer du Nord a une profondeur qui ne dépasse pas 50 mètres ; elle est traversée comme le détroit par des collines de sable qui ont la direction des courants.

La côte de Norvège est bordée par un profond sillon, la fosse Norvégienne, qui atteint 300 mètres de profondeur au large de Bergen, 687 dans le Skager-Rak. Elle paraît être le prolongement du fiord de Christiania.

La mer du Nord ne contient pas de fond rocheux ; presque partout on trouve le sable.

La mer du Nord est une mer très ancienne. Elle existait certainement au commencement de l'époque secondaire, alors que la disposition géographique de l'Europe était à peine ébauchée.

Passons maintenant à la *mer Baltique*.

Elle est divisée en deux parties au niveau de Bornholm. La partie occidentale comprenant les détroits (Sund, Grand-Belt, Petit Belt) a une profondeur d'environ 50 mètres, la plus grande étant 56 mètres. La partie orientale varie entre 150 et 60 mètres ; la profondeur maxima se trouve vers l'île de Gothland et atteint 325 mètres. Le golfe de Finlande arrive à 100 mètres.

Cette mer, d'origine récente, a un fond absolument vaseux.

VII.

L'OCÉAN PACIFIQUE

Une particularité de l'Océan Pacifique, c'est cette ceinture de volcans qui en marque pour ainsi dire les limites.

Partons, en effet, de la volcanique presqu'île du Kamtchatka ; l'archipel des îles Kouriles et ses volcans nous conduira à l'empire insulaire du Japon où parmi beaucoup de volcans, il en est un surtout fort connu : le Fousi-Yama ; les récifs rocheux des Lieou-Kiehou qui font suite sont autant d'îlots volcaniques : les Philippines et l'Archipel malais abondent en volcans et chacun a encore présente à la mémoire la terrible éruption du *Karakaloo* : sans parler du Chimborazo et du Cotopaxi, dans l'Amérique du Sud la Cordillère des Andes présente bien d'autres volcans : on connaît en Amérique Centrale les volcans del Agua et del Fuego, les montagnes rocheuses de l'Amérique du Nord ont aussi leurs volcans comme le Saint-Élie ; enfin l'archipel des Aléoutiennes est de nature volcanique.

La présence de tous ces volcans indique une grande cassure qui limite l'Océan Pacifique à l'est comme à l'ouest ; qui par Java et Sumatra marque la séparation d'avec l'Océan Indien, et qui par la Nouvelle-Guinée, les Nouvelles-Hébrides et la Nouvelle-Zélande marque la limite de l'ancien continent Australien dont il sera parlé plus tard.

La cassure n'est pas indiquée seulement par des volcans, elle l'est encore par une pente très accentuée.

Ainsi, à San-Francisco, à 55 kilom. de la côte, on trouve une profondeur de 280^m. C'est une terrasse littorale. A 110 kil. on trouve la profondeur de 3,150 mètres. A 42 kilom. de la côte, vis-à-vis la basse Californie, à l'île Cedros, on trouve la profondeur de 250 mètres et à 100 kilom. : 4,600 mètres. A Callao, à 175 kilom. de la côte, on trouve un fond de 3,330 mètres qui devient 5,225 à 330 kilomètres. Si l'on tient compte que le Callao est dans le voisinage de la Cordillère des Andes, on voit un talus de plus de 13 kilom. pour 350 kilom. La chose est plus sensible encore à Valparaiso où à 15 kilom. de distance on a déjà

une profondeur de 3,100 mètres en face de la montagne *Aconcagua* qui s'élève à 6,834 mètres ; ce qui nous donne une différence de niveau de 10 kilom. à répartir sur 175, joli talus, comme l'on voit.

Ce talus se trouve aux îles Kouriles et au Japon.

Entre la Californie et les îles Sandwich, on trouve des fonds variant entre 4,460 et 5,200 mètres, c'est une véritable plaine sous-marine.

Au contraire, d'Honolulu (Sandwich) à Bonin, île voisine du Japon, il n'y a pas moins de sept montagnes séparées par des vallées. La crête des montagnes fournit des profondeurs de 2,000 mètres tandis que les vallées descendent entre 4,700 et 6,000 mètres.

De Bonin à Nippon, la grande île du Japon, on trouve un fond de 4,450 mètres, puis les profondeurs arrivent à ne pas dépasser 800 mètres pour retomber à 2,950 mètres.

Toute cette partie que nous venons d'étudier est la mieux connue.

On a reconnu dans l'Océan Pacifique nord le fond de *Tuscarora*, ainsi nommé du nom du navire qui l'a étudié. Dans les parages du Japon, il arrive à 8,513 mètres de profondeur. C'est le maximum de profondeur relevé non seulement pour le Pacifique, mais encore pour tous les Océans. Sa profondeur moyenne peut être évaluée à 7,000 mètres. On connaît mal du reste la partie orientale de cette fosse.

Au sud de cette grande dépression, il faut encore signaler la fosse *du Challenger* dont la profondeur maxima près des îles Mariannes est de 8,367 mètres et la profondeur moyenne 5,000 mètres.

Entre l'archipel des Carolines et la Nouvelle Guinée, il convient de signaler le *fond de Nares* avec une profondeur maxima de 4,800 mètres, moyenne de 4,000 mètres.

Entre les îles Sandwich et les îles Marquises s'étend une plaine donnant des chiffres de profondeur variant entre 4,700 et 5,500 mètres. En se dirigeant vers l'est, on tombe en des régions peu connues, avec des fonds variant entre 1,600 et 6,000 mètres.

En traçant une ligne du N.-E. vers le S.-O. et passant par les îles Fidji, on trouve un fond ondulé accusant 1,800 mètres pour les parties hautes, 4,900 pour les parties basses.

Entre l'Australie et la Nouvelle Zélande règnent des profondeurs considérables de 4,750 mètres environ.

La partie méridionale est peu connue. Deux navires, *le Challenger* et *la Gazelle* ont fait des sondages dans ces parages, leurs chiffres ne s'accordent pas. On peut toutefois affirmer que la profondeur varie entre 3,000 et 5,000 mètres.

Entre la côte de l'Amérique du Sud, l'île Juan Fernandez et l'île St-Ambroise, toutes deux au large du Chili, on trouve un fond de 4,175 mètres.

Après avoir étudié les profondeurs, prenons quelques températures.

Par 156° long. O. (1) et 28° lat. N.; le 14 juillet 1875, on a relevé les chiffres suivants :

Surface.....	19° 5
à 185 mètres.....	10°
à 365 »	7°
à 915 »	3° 3
à 1.830 »	2°
à 2.345 »	1° 3

A partir d'alors, elle reste sensiblement constante.

L'examen de ces chiffres nous montre que pour la 1^{re} série à 100 brasses correspond un refroidissement de 9° 5; pour la 2^e série, pour 100 brasses on a un refroidissement de 2° 6; pour la 3^e série, pour 100 brasses un refroidissement de 1° 2; pour la 4^e série, un refroidissement de 0,26; pour la 5^e refroidissement de 0,15.

Par 140° long. E. et 22 lat. N. en avril :

Surface... ..	25° 8
à 185 mètres	20° 4
à 365 »	15° 6
à 915 »	4° 6
à 1.830 »	2° 1
à 2.745 »	1° 3

Pour la zone équatoriale on a :

Surface	27° 7
à 185 mètres.....	19°
à 365 »	10°
à 915 »	4° 6
à 1.830 »	2° 3
à 2,745 »	1° 4

(1) Méridien de Greenwich,

Ces trois séries nous permettent de dire qu'à partir de 1,830 mètres la température du Pacifique est uniforme et décroît à mesure qu'on s'enfonce, mais sans jamais tomber au-dessous de zéro. Cette constatation a son importance pour les mers intérieures.

En comparant ces températures avec celles de l'Atlantique, on voit que le nord du Pacifique a une température plus froide que celle de l'Atlantique. Au sud, la température du Pacifique est plus chaude jusqu'à 1,300 mètres plus froide au delà. Toutefois, si la température du fond du Pacifique est plus froide que celle de l'Atlantique, il n'y a pas de ces grands courants de froid intense qu'on trouve dans l'Atlantique, venant des mers du sud.

Ces constatations faites, nous pouvons aborder l'étude d'une série de mers fermées, véritables Méditerranées du Pacifique.

La mer de Chine a une profondeur maxima de 3,840 mètres. A partir de 1,650 mètres, on y trouve une température *uniforme* de 2°.3 jusqu'au fond. Les eaux profondes de la mer de Chine sont donc plus chaudes que les eaux profondes du Pacifique. Nous avons déjà observé un phénomène analogue pour la Méditerranée par rapport aux eaux de l'Atlantique. Ce phénomène a trouvé son exploitation naturelle dans la présence du seuil de Gibraltar. Ici, une conclusion analogue s'impose. Un seuil entoure la mer de Chine et empêche les eaux profondes du Pacifique d'y pénétrer. Or, comme les eaux du Pacifique atteignent la température de 2°.3 à 1,650 mètres; on peut dire que la mer de Chine est entourée par une barrière qui ne descend pas au-dessous de 1,650 mètres.

Entre Borneo et les Philippines se trouve la mer de *Soulou* avec la profondeur de 4,663 mètres et une température minima de 10°.28 dès 750 mètres. Un raisonnement analogue à celui fait pour la mer de Chine permet d'établir qu'une barrière qui ne descend pas au-dessous de 420 mètres ferme l'accès aux eaux froides du large.

La mer des Célèbes a une profondeur maxima de 4,755 mètres, une température minima de 3°.7 à partir de 1,300 mètres. Cette température est celle du Pacifique à partir de 1,190 mètres. Conclusion : il existe autour de la mer des Célèbes une barrière dont les plus grandes profondeurs ne dépassent pas 1,190 mètres.

Entre Célèbes, la Nouvelle-Guinée et Timor s'étend la *mer de Banda* : sa profondeur maxima est 5,120 mètres, sa température minima 3° à partir de 1,640 mètres. Dans les parages des Moluques,

cette température se rencontre à 1,370 mètres. Ici encore, barrière de ceinture avec une profondeur maxima de 1,370 mètres.

La *mer de Corail* s'étend à l'ouest des Nouvelles-Hébrides. Elle a une profondeur maxima de 4,850 mètres avec une température minima de 1°.7. Or, pour le Pacifique, cette température est celle du fond de 2,470 mètres. La barrière est ici fort basse, et la communication avec le Pacifique largement ouverte.

Ces cinq mers sont parfois désignées sous le nom de Méditerranée Australo-Asiatique.

La *mer des Philippines*, entre ces îles et la Nouvelle-Guinée, les Carolines, les Mariannes, Bonin et le Japon, a une profondeur maxima de 8,367 mètres et une température minima de 1°.8 dès 2,745 mètres. Cette température est supérieure à celle du Pacifique, et l'on peut conclure à l'existence d'un seuil de 2,700 mètres.

Les îles du Pacifique sont particulièrement remarquables. On les partage en deux grandes catégories :

1° L'Australie, la Nouvelle-Calédonie, la Nouvelle-Zélande et la Tasmanie. Elles sont formées surtout de terrains primaires et probablement aussi de secondaires ;

2° Les îles de la Sonde, Java, Sumatra, Célèbes, les Philippines, Borneo. Là dominant les terrains primaires et tertiaires. On y trouve du charbon qui se rapporte aux époques primaires. La géologie de ces terres paraît assez semblable à celle de l'Indo-Chine.

En dehors de ces deux grands groupes, on en trouve deux autres d'îles plus récentes :

1° Des îles volcaniques : celles de la Société, de Taïti, les îles Marquises, l'archipel des Sandwich, les îles de Pâques et les îles Banda (dans les Moluques) ;

2° Des îles Coralliennes.

Celles-là surtout sont remarquables à cause des théories de Darwin et de Murray.

Elles forment une zone coupant obliquement l'Équateur et partant de *Pitcairn* vers le 26° parallèle sud. Cette zone a 11,000 kilom. de longueur sur une largeur variant entre 2,000 et 4,000 kilom. avec un total d'environ 290 îles Coralliennes. On trouve encore des récifs Coralliens sur la côte orientale d'Australie et autour de la Nouvelle-Calédonie. Cette disposition s'explique par deux causes : 1° les coraux ne se développent que dans l'eau très claire, ils disparaissent dès que

se montrent des sédiments soit de sable, soit d'argile, par conséquent ils ne se trouvent jamais à l'embouchure des fleuves ; 2° il leur faut une température élevée, on ne les trouve jamais sur le parcours des courants d'eau froide : par suite on n'en trouve pas sur l'étendue du courant de Humboldt.

Il convient de remarquer maintenant que les coraux ne se développent qu'à une faible profondeur : leur grand épanouissement se fait par 30 mètres de fond, on en trouve encore à 50 mètres, quelquefois à 90, jamais au-delà car ils meurent une fois cette limite franchie.

Ils meurent pareillement dans les eaux basses et ne peuvent supporter l'air ni le soleil.

Cependant l'action des vagues sur les récifs de coraux les brise, forme du sable corallique qui s'amoncele sur les îles basses pour y former dune, d'où la présence de monticules calcaires au-dessus des îles de coraux. Les courants y apportent des graines qui germent et donnent naissance à une végétation très pauvre en vérité, mais où se trouve le palmier. Or, chacun sait que toujours, là où pousse un palmier, on trouve un nègre.

Darwin a distingué trois catégories d'îles de coraux :

1° *Les Atolls*, formés par des récifs disposés en cercle autour d'une lagune centrale peu profonde. En dehors du cercle, les eaux deviennent au contraire rapidement profondes. Les atolls ont des dimensions très variables, on en trouve de 200 mètres de diamètre, certains ont en revanche 140 kilom. de long sur 16 de large. Il convient toutefois de remarquer que l'anneau corallien n'a jamais plus de 800 mètres de large ;

2° *Les récifs frangeants*. Il sont produits autour d'une île de nature différente à laquelle ils adhèrent. Quelquefois une petite lagune s'étend entre l'île et le récif ;

3° *Les récifs-barrières*. — Ils sont séparés de l'île par un chenal plus ou moins profond.

Parfois au centre de l'atoll se trouve une île ; ce n'est plus alors qu'un récif à barrière.

Rappelons-nous maintenant que les coraux ne peuvent vivre qu'à une faible profondeur et nous serons surpris du phénomène suivant :

A 4 kilom. de l'île *Serles* (archipel Pomotou), on ne trouve pas le fond à 1,100 mètres ; à 2 kilom. 1/2 de l'île *Dessapointement*, on ne

le trouve pas à 1,000 mètres. Pour l'île *Matia*, à 1,800 mètres il n'y avait pas non plus de fond à 1,100 mètres de distance.

Or, ces coraux n'ont pu se former qu'à la profondeur maxima de 100 mètres. Pour expliquer la chose, Darwin a supposé que la base qui primitivement supportait les coraux à une profondeur normale s'est affaissée peu à peu ; les coraux ont continué à se former cependant sur les masses déjà constituées, se développant alors autour d'îles sous-marines. Parfois les sommets de l'île persistent autour des récifs de coraux ; c'est ce qui constitue les récifs-barrières.

Il est à remarquer que les coraux montent en s'élargissant, car les courants apportent la nourriture en plus grande quantité, au fur et à mesure qu'on s'approche de la surface.

Ainsi, partout où il y a des îles de coraux, il y aurait affaissement du sol, un atoll serait le monument funèbre d'une ancienne montagne. — L'affaissement serait d'ailleurs considérable.

Agassiz a combattu cette théorie de Darwin pour les récifs de la Floride.

Après les études du *Challenger*, Murray l'a combattue pour l'Océanie.

Il a constaté dans l'archipel du Taïti que, si l'on prend le bord du récif, ce bord est vertical jusqu'à 70 mètres, puis vient un talus à la surface duquel se trouve une grande quantité de calcaire corallien *détaché du récif*. Ce talus se prolonge jusqu'à 300 mètres, à partir d'où il devient encore plus en pente douce avec du sable corallique. Au-dessous on trouve la roche volcanique.

Toutes ces îles coralliennes auraient pour origine un volcan sous-marin. Le volcan aurait accumulé les laves autour de son cratère : sur cette formation volcanique ont pu venir des dépôts coquillers, vases à globigerines, vases à ptéropodes. L'île sous-marine s'exhaussant ainsi continuellement, elle est arrivée à une hauteur où une colonie de coraux pouvait vivre et s'installer dans des conditions favorables.

Cette théorie de Murray est l'inverse de celle de Darwin, au lieu d'une zone d'affaissement, elle suppose une zone d'exhaussement.

Or, Murray paraît avoir raison contre Darwin.

Il existe sur le rivage des îles coralliennes des arbres ayant de longues années d'existence. Cela suppose déjà que le mouvement d'affaissement a dû s'arrêter.

Mais nous avons des preuves plus convaincantes encore. On a trouvé des récifs de coraux *au-dessus du niveau de la mer*.

Aux îles Sandwich, l'île d'*Oahou* présente un récif corallien à 7 mètres au-dessus du niveau de la mer. Dans l'archipel Pomotou, l'île *Elisabeth* a un récif corallien à 24 mètres au-dessus du niveau de la mer : un récif du même genre domine de 75 mètres le niveau de l'Océan à l'île *Matia* ; un autre s'élève à 90 mètres dans l'île *Eoua* de l'archipel Tonga ; enfin dans l'archipel Salomon on trouve un de ces récifs à 360 mètres au-dessus du niveau de la mer ! Quel moyen de concilier cela avec les théories de Darwin ?

Ce dernier exemple des îles Salomon est particulièrement intéressant à étudier. Un ravin a permis de se rendre compte de la structure du récif : les coraux constituent des terrasses jusqu'à 120 mètres. Sous eux on trouve une épaisse couche de boue à globigerines et à ptéropodes, ressemblant fort à notre craie, sous cette boue l'argile rouge formée de débris volcaniques. Or, tout cela a été étudié *20 ans après l'émission de la théorie de Murray*, qui semble ainsi se trouver confirmée.

Voyons maintenant quels sont les sédiments du Pacifique. — Disons d'abord qu'ils sont les mêmes que dans l'Atlantique, mais plus complets et plus développés.

Commençons par les sédiments littoraux.

Le fleuve jaune déverse une quantité de limon jaune, ce qui a valu à la mer avoisinante le nom de mer jaune ; mais on trouve surtout des argiles bleues et vertes.

L'argile verte doit sa coloration à la présence de la glauconie ; elle est plus sableuse que l'autre, plus épaisse, plus lourde, se dépose plus vite, et ne dépasse pas les profondeurs de 1,300 mètres.

L'argile bleue, plus fine et plus légère, se dépose moins vite et beaucoup plus loin. On la trouve jusque dans la mer de Banda et des Célèbes, par des profondeurs de 5,000 mètres.

Dans le voisinage des îles volcaniques on trouve naturellement des sables volcaniques, et de la boue corallienne dans le voisinage des Atolls.

Passons maintenant aux sédiments de haute mer.

On trouve la boue à globigerines que nous connaissons déjà.

On trouve ensuite la vase à *radiolaires*.

Elle est formée par la coquille de Rhizopodes, animaux voisins des

forminifères, à coquille très élégante, mais siliceuse ! Les radiolaires sont plus rares que les globigerines, mais pullulent dans le centre du Pacifique. De plus, ils constituent préférentiellement aux globigerines les boues des grandes profondeurs, là même où les globigerines dominent à la surface.

Ce fait s'explique facilement : les globigerines et les radiolaires vivent à la surface de la mer ; après la mort de l'animal, leurs coquilles descendent lentement jusqu'au fond ; mais pendant ce trajet, elles sont soumises à l'action dissolvante de l'acide carbonique contenu dans l'eau de mer ; les Radiolaires à carapaces siliceuses ne subissent aucune altération, mais la coquille calcaire des globigerines se dissout peu à peu, et se détruit d'autant plus que le trajet est plus long. Il en résulte que dans les grands fonds la vase ne contient plus que peu ou point de calcaire. On peut presque calculer la profondeur par la proportion inverse du calcaire contenu dans la vase.

L'argile rouge se trouve dans toutes les grandes profondeurs. Elle contient encore quelques rares globigerines, les radiolaires y sont plus nombreuses ; mais ce qui y domine, c'est la matière minérale : grains de quartz, de mica et de minéraux volcaniques dans une argile rouge, pourtant parfois de teintes grise et chocolat. Cette coloration est due à la présence de l'oxide de manganèse. — On y trouve de nombreux fragments de ponce.

La présence d'une aussi grande quantité de substances d'origine volcanique porte à croire que les éruptions sous-marines sont très fréquentes. Du reste, on l'a vu, le Pacifique est bordé par des volcans, et beaucoup d'îles océaniques sont des volcans, les uns éteints, les autres encore actifs.

L'argile rouge elle-même paraît due à l'altération des cendres volcaniques. Elle est remplie d'une multitude de cristaux microscopiques, d'une zéolite, la Phillipsite ou christianite, silicate hydraté d'alumine de potasse et de chaux. Or, les zéolites sont des minéraux qui se forment dans les cavités des roches volcaniques, lorsqu'elles sont traversées par un courant d'eau très lent. Elles proviennent de la décomposition des roches éruptives par l'eau. M. Renard en a conclu que la Phillipsite de l'argile rouge doit aussi sa naissance à l'altération des débris volcaniques, par l'action chimique de l'eau de mer.

Outre ces débris volcaniques, on trouve dans l'argile rouge des globules de fer pur, de 2 dixièmes de millimètre de diamètre, représentant en petit le fer météorique et des sphérales de bronzite, qui ont

tout à fait la structure de certains aérolites. L'argile rouge contient donc une certaine quantité de poussière, provenant des espaces célestes. On ne peut expliquer ces accumulations que par deux circonstances : d'abord le temps énorme qui s'est écoulé depuis que l'argile rouge commence à se former dans les Océans ; puis l'absence de toute espèce de débris sédimentaires provenant des continents.

L'argile rouge ne contient pas d'autres débris organiques que des dents de requins et des os tympaniques de cétacés.

On explique l'absence de toute autre espèce d'ossements par l'action dissolvante de l'eau de mer. De toutes les parties du squelette des grands cétacés, les parties les plus dures, les os tympaniques seuls peuvent résister. Quant aux dents de requins, elles sont altérées. L'émail extérieur ou dentine persiste, tandis que le tissu interne est en partie dissous, et pénétré par de l'oxide de manganèse.

Les requins dont proviennent les dents appartiennent aux genres *Lamna*, *Oxyrhina*, *Carcharias*, *Carcharodon*. Ce dernier, qui devait être un animal gigantesque, à en juger par la taille de ses dents, ne vit plus dans les mers actuelles.

La présence du manganèse dans les grands fonds de l'Océan est un fait fort curieux, et encore inexpliqué. Non-seulement l'oxide de manganèse colore la vase et pénètre dans les dents de squales, mais encore il constitue des nodules qui atteignent la grosseur d'un œuf de poule, et qui sont formées de couches concentriques, concrétionnées autour d'un noyau étranger, tantôt une ponce, tantôt un os tympanique, tantôt une dent de requin.

Les nodules du manganèse et les dents de requin se trouvent aussi bien dans les vases à globigerines et à radiolaires que dans l'argile rouge.

Faisons maintenant comme pour l'Atlantique, et, à la suite du *Challenger*, voyons comment se répartissent ces dépôts.

Nous partons de Valparaiso, en nous dirigeant d'abord vers le groupe des îles *Juan Fernandez*, célèbres par le séjour du matelot Selkirk, aliàs Robinson Crusoë. Entre les deux s'étend un fond considérable, où l'on n'a trouvé que l'argile bleue et de la boue à globigerines, à partir de 2,515 mètres.

À partir de Juan Fernandez, nous inclinons vers le Sud pour rejoindre le 40° parallèle, que nous suiverons dans le sens de l'Ouest. Nous trouvons de la boue à globigerines par des profondeurs de 2743^m. Toutefois, un peu au Sud, avec la profondeur de 4,260 mètres, les

globigerines ont disparu pour faire place à l'argile rouge. Entre le méridien 80 et le méridien 105 on trouve la vase à globigerines et au-dessous l'argile rouge. On peut en conclure qu'en cet endroit il y a exhaussement, et que les globigerines se déposent sur un sédiment plus ancien.

Nous voici par 133 degrés de long. Or, quittons le 40° parallèle pour nous diriger vers le N.-O. jusqu'au tropique du Capricorne. Avant d'arriver aux îles *Toubouaï*, nous trouvons les boues à globigerines par 1,985 mètres. Au méridien 133 et à la latitude 37 on a rencontré, au milieu des vases à globigerines, 90 os de cétacés et 300 dents de requins.

A partir de la longitude 150, nous prenons franchement la direction du Nord, que nous garderons presque jusqu'au 40° degré de latitude Nord, ou 22° degré de lat. Sud, nous rencontrons à 4,461 mètres de profondeur une couche de 5 centimètres de cendres volcaniques, et dessous de l'argile rouge; d'où l'on retire 2 boisseaux de nodules de manganèse, 160 dents de requins, dont 11 de *Carcharodon* et 9 os de cétacés. En approchant de Taïti, le fond se relève, on a de la boue à globigerines.

Vis-à-vis de Pomotou et les Marquises, l'argile rouge contient de prodigieuses quantités de cristaux de philipsite et de nodules de manganèse.

Vers l'équateur, nous rencontrons les boues à radiolaires; mais sous l'équateur, la vase contient jusqu'à 71 % de calcaire due à la présence de globigerines.

Ces animaux pullulent en si grand nombre à la surface que leurs dépouilles arrivent encore en certaine quantité à des profondeurs de 5,450 mètres. Cette vase équatoriale est aussi très riche en manganèse et en dents de requins; à Havaï, par 20 degrés de latitude Nord, l'argile rouge.

Nous voilà au fond de Tuscarora; dirigeons-nous vers l'O. jusqu'au Japon: nous trouvons l'argile rouge avec une grande quantité de pierres poncees. Dans le voisinage du Japon, des boues vertes ou bleues.

Du Japon, reprenons vers le Sud la route de la Nouvelle-Guinée: presque partout nous retrouvons l'argile rouge, sauf vers les Carolines, où il y a de la boue à globigerines.

Il n'est pas sans intérêt de terminer par un rapide examen de la population des îles Océaniques.

L'Australie a une faune spéciale : tous ses mammifères appartiennent aux Marsupiaux, et on croyait que les mammifères secondaires en Europe appartenaient aussi au même groupe, on en avait conclu que c'étaient là de vieilles races qui s'étaient conservées en Australie; mais, les études de Marsh sur les mammifères secondaires de l'Amérique tendent à démontrer que ces animaux ne sont pas des Marsupiaux; il faut cependant faire exception pour les *Plugiaulax* et quelques autres formes voisines du *protoroo* australien, qu'on trouve dans les terrains secondaires, et jusque dans le terrain tertiaire du bassin de Paris.

L'étude des terrains triasiques semble montrer que l'Australie a été, à cette époque, en relations continentales avec l'Indo-Chine, peut-être aussi avec le Sud de l'Afrique.

De l'Australie à la Nouvelle-Zélande, s'étendent une grande distance et de grandes profondeurs. Aussi la Nouvelle-Zélande a sa faune spéciale; on y trouve des oiseaux qui ne volent pas. Il n'y a pas de mammifères. Il n'y a donc aucun rapport avec la faune de l'Australie : mais les deux flores correspondent. Wallace suppose alors que l'Australie fut jadis coupée en deux par un bras de mer, et que la partie orientale communiquait avec la Nouvelle-Zélande.

La Nouvelle-Guinée, d'ailleurs peu connue, paraît en relations plus intimes avec l'Australie.

Les îles Salomon ont une flore semblable à celle de la Nouvelle-Guinée; comme faune une chauve-souris, des rats, un phallangé grimpeur, un crocodile, 7 lézards, 10 serpents, 7 batraciens. Quand on va du Nord au Sud, le nombre des animaux diminue. A Guadalcamar il n'y a plus que 4 batraciens et 5 serpents; à San-Christoval 1 grenouille et 3 serpents. — On a pensé qu'il y avait là à l'origine un continent relié à la Nouvelle-Guinée : un affaissement se produisit, d'où les îles. L'affaissement aurait débuté vers le Sud, et San Christoval se serait trouvée séparée la première quand le continent n'était pas encore très peuplé; puis serait venu le tour de Guadalcamar, et ainsi de suite. Toutefois on peut admettre que l'énorme quantité de bois flottants errant dans ces parages aurait suffi pour transporter les animaux dans le pays.

Dans l'état actuel de la science, ces considérations ne sortent pas du domaine des hypothèses.

VIII.

L'OCÉAN INDIEN

L'Océan Indien s'étend entre l'Afrique, l'Asie, l'Australie et les îles de la Sonde.

Il est d'une structure beaucoup plus simple que les autres Océans.

Toute la partie centrale est formée par un plateau peu ondulé avec des profondeurs variant entre 3,700 et 5,500 mètres.

Les hauteurs se retrouvent vers le continent africain sous forme d'un plateau, dont une partie émerge pour former la grande île de Madagascar, encore peu connue, paraissant cependant formée de terrains anciens, assez semblables à ceux de l'Afrique, dont elle est séparée par le *canal de Mozambique*, profonde cuvette de 4,200 mètres.

Au nord de Madagascar se trouvent les *Seychelles*, granitiques comme le continent africain. Plus à l'est, un banc semble partir de Madagascar et se manifeste surtout vers 60° de long. E. C'est le banc *Saya de Malha*. Au sud de ce banc se développent les volcaniques *Mascareignes*, au nord s'étend l'archipel des *Chagos* où dominent les Atolls : le prolongement de cet archipel donne le groupe d'îles coralliennes qu'on appelle les *Maldives* et les *Laquedives*. A signaler vers l'Australie les *îles Kœling*, Atolls types de Darwin.

Autour de l'Australie s'étend une dépression sensible d'une profondeur moyenne de 3,700 mètres, et qui atteint la profondeur maxima de 5,723 m. entre le continent australien et l'archipel de la Sonde. De ce côté, la pente est très rapide. Ainsi, on retrouve en cette partie orientale de l'Océan Indien, la même structure que pour la côte orientale du Pacifique. On y retrouve aussi les mers intérieures.

Entre Timor, Florès et Soumba se trouve une petite mer intérieure avec une profondeur de 4,250 mètres et une température de fond s'élevant à + 2° 9, tandis que la température des mers d'Australie, à cette profondeur, tombe à moins de 1 degré.

Le Golfe du Bengale entre l'Inde et l'Indo-Chine a une profondeur

moyenne de 2,500 mètres et sa profondeur maxima à l'entrée, 4,300 m. En sa partie orientale il baigne l'Indo-Chine, reliée à l'archipel de la Sonde par deux bancs sous-marins. Le premier est celui de Malacca : la profondeur du détroit de ce nom ne dépassant pas 60 mètres ; le second part du Pégou et se dirige vers Atchin de Sumatra : ses parties émergentes forment les îles *Andaman* et *Nicobar*.

La mer Arabique ou Golfe d'Oman a une profondeur maximum de 3,963 mètres, décroissant graduellement vers le nord. Le détroit de Bab-el-Mandeb n'a pas plus de 200 mètres de fond ; la mer Rouge n'a pas de profondeur supérieure à 1,900 mètres. Dans cette mer, il y a une température constante de 21° 4 ; depuis 424 mètres jusqu'au fond. En se dirigeant vers le sud, on voit le fond de l'Océan s'élever progressivement : les îles Bouvet, Marion, Kerguelen, Macdonald, St-Paul et Nouvelle-Amsterdam forment les parties saillantes d'un véritable plateau sous-marin. Elles sont du reste peu habitées ; à Kerguelen sont installées des pêcheries, surtout pour l'éléphant de mer, c'est-à-dire pour une variété de morse ; à St-Paul et à Amsterdam a été établie la station française pour étudier le passage de Vénus sur le Soleil. Ce plateau antarctique paraît avoir une profondeur moyenne de 900 m. (1).

Entre l'Australie et l'Afrique, le voisinage du continent antarctique se fait sentir par l'archipel *Shetland*, au sud du cap Horn ; par les *Orcades du Sud*, les *Sandwich du sud* ; entre l'Afrique et l'Australie il faut signaler ces terres à peine connues, comme celle de *Wilkes* ou encore celle que dominent les volcans de l'*Erebus* et du *Terror*.

Pour reconnaître la nature des sédiments, partons du Cap avec le *Challenger*. Au sud du Cap, à 3,475 m. nous trouvons la boue à globigerines, nous la retrouvons encore à 3°, à l'O. de Marion par un fond de 2,871 m. et avec 92 % de carbonate de chaux. Nous la trouvons encore, à mi-route entre Marion et Crozet, par 2,514 mètres, mais cette fois seulement avec 81 % de carbonate. Cela est contraire à ce que permet de pressentir la théorie de formation de cette vase.

Entre les îles *Marion* et les îles *Crozet*, par 2,514 mètres, on trouve

(1) Les renseignements qui vont suivre sont empruntés pour la plupart à la belle expédition du *Challenger*. L'examen de ces régions arctiques inspire à un esprit français d'amères réflexions : tous ces noms d'archipels sont des noms français ; on s'arrête brusquement avec Dumont-d'Urville. A partir d'alors, les recherches scientifiques sont le fait des Anglais, des Allemands, des Américains ; les Français brillent par leur absence.
(Note de la Rédaction).

une boue où l'on reconnaît 34 % de globigerines, mais en même temps 40 % de diatomées. Le reste se compose de poussières volcaniques.

A l'île *Kerguelen* et aux îles *Macdonald*, principalement à l'île *Heard*, le *Challenger* a recueilli des oursins et des éponges siliceuses qui vivent dans les mêmes régions que les diatomées.

Par 80° de long. E. et 61° de latitude S, on a trouvé de la vase à diatomées avec 22 % de globigerines. Cette boue à diatomées, très blanche et très légère, une fois desséchée donne naissance à ce qu'on appelle la *farine fossile*.

Le vaisseau se dirigeant toujours vers le sud, à hauteur du 65° degré de latitude, le sondage fait à 3,563 m. a ramené une boue bleue avec 11 % de globigerines et 20 % de diatomées; il a ramené encore des sables formés de divers minéraux et aussi des *galets* striés par les glaciers, en même temps que des *blocs erratiques*.

Ceci est extrêmement important au point de vue géographique : ces galets et ces blocs avant d'être apportés en cet endroit par les glaces flottantes ont appartenu à un continent. Un continent seul peut fournir pareille variété de roches : granits, grès, calcaires, schistes. Quel est ce continent, si ce n'est un continent polaire dont la banquise nous ferme l'accès ?

Le *Challenger* a poussé jusqu'à dix milles au delà du cercle polaire antarctique, il n'a pu s'avancer plus loin et s'est arrêté au milieu de glaces flottantes et de troupes de cachalots.

Il a repris la route du nord par 65° lat. S. et 95° long. E., il a trouvé de la boue bleue à 2,377 mètres de profondeur.

A 62° de lat. il a retrouvé la boue à diatomées d'une profondeur de 2,612 mètres.

Ainsi, la boue bleue ne se trouve que dans le voisinage du continent polaire austral. Mais la vase à diatomées s'étend beaucoup plus.

A 54° de lat. S. il retrouve la boue à globigerines, puis il arrive dans les grands fonds au S. de l'Australie, où il trouve l'argile rouge par 4,755 mètres.

En résumé, l'Océan Indien a 4 espèces de dépôts :

- 1° L'argile rouge dans les grands fonds ;
- 2° La boue à globigerines dans les profondeurs moindres, au-dessus du 54° lat. S. ;
- 3° Au delà du 54° la boue à diatomées. Dans ces parages, on trouve,

à la surface de la mer, une quantité de diatomées tellement prodigieuse que les naturalistes du *Challenger* disent qu'elles forment réseau ;

4° La boue bleue, indice du continent antarctique.

Dans ces régions, à Marion, Crozet, Kerguelen, St-Paul, on trouve encore des animaux : l'albatros, de grands manchots, une sarcelle, un pétrel géant. On trouve aussi des plantes intéressantes : une crucifère très jolie, anti-scorbutique, beaucoup d'*azorella*, ombellifère formant gazon, une petite renoncule, une fougère qu'on retrouve en Angleterre, un polypode et deux plantes aquatiques qu'on retrouve également en Europe. Comment sont-elles venues là ?

On trouve, en outre, quelques insectes : des mouches sans ailes ou à ailes rudimentaires et un cousin.

Madagascar a une faune très curieuse, des singes d'une famille spéciale, les *makis*, les propithèques, les cheirogales, le cheiromys, avec son médius effilé pour faire sortir les insectes des arbres. Il n'y a que deux espèces animales communes à l'Afrique et à Madagascar : une taupe et un cochon. — On a prétendu que le cochon était venu à la nage, et à l'appui de cette opinion on a dit que le cochon est le meilleur nageur des animaux : mais on a reconnu qu'il ne peut nager plus de dix milles ; mettons qu'il en ait traversé vingt, nous sommes loin des 250 milles du canal de Mozambique. Il faudrait donc admettre qu'à une époque récente le canal n'ait eu que vingt milles de largeur. Il serait encore plus simple de reconnaître que si le cochon n'est pas l'ami de l'homme, l'homme est l'ami du cochon, auquel cas l'animal porte-soies serait seulement un animal importé.

Un grand naturaliste contemporain, Wallace, estime qu'il y eut un moment de l'époque tertiaire où le centre de l'Afrique était couvert par les eaux.

La faune africaine du sud était alors celle que l'on trouve actuellement à Madagascar. Plus tard, les eaux se retirant, la faune qui peuplait la Grèce et la Provence a traversé la Méditerranée et a gagné au fur et à mesure que la mer centrale se vidait. Madagascar s'est trouvée séparée du continent, elle a gardé sa faune primitive. Mais tout cela forme une série d'hypothèses échafaudées et que rien ne vient prouver : au contraire.

En effet, à Madagascar, aux Mascareignes, aux Comores, on trouve de ces grandes roussettes frugivores du genre *pteropus*, qui n'existe pas en Afrique mais en Inde ? Comment sont-elles venues ? Ce n'est

certes pas en volant à travers tout l'Océan Indien. Il y a eu sans doute communication primitive avec l'Inde, au moins par une série de terres très voisines : les Seychelles, Laquedives et Maldives sont les témoins de ce passage disparu, et ici les Atolls se sont bien formés autour de montagnes qui s'enfoncent.

Cette seconde hypothèse, confirmant la théorie de Darwin contre Murray, montre qu'en pareille matière il faut se défier de l'absolu.

Elle-même, tout en étant confirmée par la présence d'oiseaux, de batraciens, de mollusques d'eau douce communs avec l'Inde et manquant en Afrique, se trouve mise en doute par la présence à Madagascar, de types de reptiles africains, voire même américains.

Un naturaliste a cru tout concilier en supposant que toute la masse de l'Océan Indien avait jadis été un continent qu'il appela *Lemuria*. Cela était séduisant et semblait confirmer le dire du géographe Ptolémée, parlant d'un continent prolongeant la région du cap *Gardafui* en Afrique jusqu'à la Chersonnèse d'or (Indo-Chine) en Asie. Mais voilà que les sondages du *Challenger* ont mis à néant toute cette belle théorie.

Un géologue autrichien, mort récemment, *Neumayr*, parle d'un barrage de l'époque crétacée, barrage ayant séparé la Méditerranée des mers australes et qui a pu relier les Indes, Madagascar et le sud de l'Afrique.

Plus anciennement, à l'époque triasique, l'Australie, l'Inde et l'Afrique formaient probablement un continent plus ou moins découpé que l'on a nommé Terre Gondwana

Une chose indiscutable, c'est qu'il y a des relations zoologiques entre les trois extrémités sud des continents, Afrique, Amérique, Australie. On en a conclu qu'il y avait eu jadis union des trois pointes.

Tout cela est singulièrement hypothétique. On part de ce point de vue que tous les animaux semblables ont un ancêtre commun. Cela n'est pas prouvé. On l'a vu pour les chevaux antédiluviens d'Amérique qui n'ont rien de commun avec les nôtres.

On en revient maintenant aux vieilles idées de Geoffroy-St-Hilaire et de Lamarck, admettant que les variations se produisent sous des influences extérieures, surtout celles du climat; auquel cas des climats analogues supposeraient des animaux analogues. Dès lors, pourquoi s'étonner si des groupes semblables se trouvent dans des localités différentes mais de même climat.

IX.

LES MERS GLACIALES (1)

Il y en a une pour chaque pôle : au nord, l'Océan Glacial arctique, au sud, l'Océan Glacial antarctique.

Du second nous ne dirons rien, car il n'est pour ainsi dire pas connu. Le *Challenger* a été arrêté dans ses recherches : Nous avons déjà discuté l'hypothèse d'un continent austral.

Parlons donc de l'Océan glacial arctique.

A signaler d'abord une mer glaciale européenne, dont les limites sont le Groënland, le Spitzberg, l'île des Ours, au sud du Spitzberg, la Scandinavie, l'archipel Feroë, l'Islande.

Elle même est divisée en deux parties bien distinctes par un talus de 2,175 mètres de fond, partant de Jan Mayen sur le 10° degré de long. O. pour aboutir à l'île des Ours.

Le bassin méridional a 3,875 mètres de profondeur.

Le bassin septentrional en a 4,846. Là est le véritable Océan glacial arctique.

Les côtes y forment des pentes rapides. La côte orientale du Groënland est presque perpendiculaire, il en est de même pour la côte occidentale du Spitzberg. L'île des Ours a sous la mer une inclinaison de 4 degrés, supérieure à celle des plus fortes rampes de chemin de fer, à Jean Mayen la côte s'enfonce en formant un angle de 8 degrés que n'atteint aucune de nos routes.

Entre le Groënland, l'Islande et Jean Mayen s'étend un canal au fond duquel on recueille un limon bleuâtre qui devient noir aux environs de l'Islande et de Jean Mayen, à cause des débris volcaniques. Ce limon ne renferme plus de globigerines, mais bien des *biloculines*

(1) Voir l'excellente carte du pôle arctique dans l'atlas manuel de la maison Hachette.

appartenant aussi au groupe des formaminifères. On pourrait donc signaler ici une vase à biloculines.

Entre le Spitzberg, l'île des Ours, la Nouvelle-Zemble et la Terre François-Joseph, se trouve la mer de Barentz, d'une faible profondeur, 200 mètres en moyenne.

Entre la Nouvelle-Zemble et la Sibérie s'étend la mer de Kara, profonde de 700 mètres vers le détroit de Vaigatch, mais s'élevant beaucoup dans la direction de l'est. Là, s'amoncellent les énormes dépôts de vase que déversent l'Obi et l'Iénisseï, le fond s'exhausse sans cesse, le continent croît toujours. La presqu'île Ialmal n'est qu'un immense amas d'alluvions, et un jour viendra peut-être où la mer de Kara sera une mer fermée.

Vient ensuite, au nord de la Sibérie, une grande mer peu connue. On a fait pourtant quelques sondages qui ont donné 60 mètres de profondeur. A l'ouest du cap *Tcheliousskin*, la profondeur est un peu plus considérable.

Le détroit de Behring n'a que 42 mètres de profondeur maxima, moins que le Pas-de-Calais !

Au nord du continent américain se trouve une série de mers intérieures à faible profondeur.

Le détroit de Davis qui succède à l'Atlantique a une profondeur variant entre 1,000 et 1,800 mètres, la mer de Baffin mesure 500 mètres de fond, le détroit de Smith 225.

Tout cela donne à penser que la partie inconnue du pôle est, sinon un continent, du moins un vaste archipel.

Étudions maintenant la température.

Dans la mer Arctique Européenne, il se présente trois cas :

1° *Au milieu de la mer*, la température décroît avec la profondeur ainsi que le témoignent les chiffres suivants :

Surface.....	8°.6
A 100 mètres.....	5°
A 1,100 ».....	0°
A 3,130 ».....	1°

2° En été, *le long des côtes et dans le voisinage des glaces flottantes*, la température baisse jusqu'à une certaine profondeur, puis s'arrête et remonte. Cela tient à ce qu'à la surface, la fonte des glaces

maintient l'eau à une basse température, mais le passage des eaux du Gulf-Stream maintient chaudes celles du fond ;

3° Au printemps, *dans le voisinage des glaces flottantes*, on a un minimum de — 2 degrés à la surface et une température croissante jusqu'au fond.

La mer de Barentz, très froide à la surface (— 2 degrés) a des températures de fond variable : — 2°,14 *en été*, — 1°,48 *en hiver* ! Voilà qui est fait pour renverser toutes les idées reçues !

Mais il faut songer qu'en été les grands fleuves sibériens charrient des masses énormes de glace qui fondent et viennent refroidir la mer avoisinante, un courant s'établit d'est à l'ouest qui chasse les eaux plus chaudes de la mer européenne : en hiver, il n'arrive plus de glaçons de Sibérie ; un courant en sens inverse s'établit ; les eaux de la mer européenne refluent dans la mer de Barentz et la réchauffent.

Ce qui caractérise les mers glaciales, du sud comme du nord, c'est la présence des glaces. Il faut distinguer plusieurs sortes de glaces :

1° *Les glaces d'eau douce* qui viennent des fleuves. Elles sont reconnaissables à leur couleur verte, à leurs angles irréguliers, à leur dureté ; aussi sont-elles particulièrement redoutées des pêcheurs ;

2° *Les glaces terrestres* ou des glaciers. Le Groënland, le Spitzberg, la Terre François-Joseph, sont couverts de glaciers. On sait que les glaciers sont produits dans les montagnes par l'amoncellement des *névées*. Ces fleuves solides arrivent au bord de la mer, suivent la pente du sol, s'enfoncent sous les eaux ; mais la glace est plus légère que l'eau ; elle subit une formidable poussée de bas en haut ; à un certain moment une cassure se produit, généralement au niveau de la mer. On entend alors une forte explosion, comparable à la détonation de plusieurs canons. La partie ainsi détachée s'en va à la dérive, constituant un de ces nombreux *ice-bergs*, qui, au nord, arrivent jusqu'à Terre-Neuve, et qui, dans l'Océan Indien, s'étendent jusqu'au 61° de latitude sud.

Ces icebergs, principalement ceux de l'Océan antarctique, sont d'un bleu splendide. Ils sont stratifiés, c'est-à-dire qu'on y trouve des couches alternatives d'un bleu foncé et d'un bleu clair : ils présentent toujours des moraines : limon, boue ou rochers, arrachés aux parois de l'ancienne vallée. De plus, ils sont sillonnés de fentes longitudinales qui facilitent la formation de cavernes à lumière bleue intense.

Les navigateurs ne redoutent pas trop les ice-bergs dont la glace est relativement tendre et dont le pied se prolonge profondément sous les flots.

L'extrême fréquence des ice-bergs est encore un indice qui permet de conclure à l'existence d'un continent polaire : les terres précitées ne suffisant pas à expliquer une telle surproduction.

Certains ice bergs sont jaunes. Cette coloration est due à des déjections d'oiseaux étant autrefois dans le glacier.

Les ice-bergs sont parfois très volumineux. La glace est $\frac{1}{9}$ plus légère que l'eau : il ne sort donc de l'eau que $\frac{1}{9}$ du volume total. Il convient pourtant de remarquer que, par suite de sa formation, la glace des glaciers étant poreuse est peut-être bien $\frac{1}{7}$ plus légère que l'eau ; mais d'autre part il y a les roches du fond qui calent la masse, augmentent la densité et font ainsi compensation.

Le capitaine Ron dit avoir vu des *ice-bergs* de 60 mètres de haut. Becker parle de 70 mètres, mais il est difficile d'apprécier de pareilles hauteurs sans instruments. Les données les plus précises à ce sujet sont celles fournies par le *Challenger*.

Il a observé des glaces flottantes de 75 mètres de hauteur avec une partie enfoncée de 530 mètres et un diamètre de 1 kilomètre. Il a même vu des ice-bergs de 5 kilomètres d'étendue.

Les ice-bergs, entraînés à la dérive, pris par les courants fondent en route d'une façon plus ou moins régulière : leur masse change, leur position d'équilibre aussi ; ils font alors la culbute. Gare au navire qui se trouverait dans le voisinage !

La partie qui flotte au contact de l'eau et de l'air est celle qui s'use le plus. Mais par cela même qu'il y a usure, le glacier allégé remonte, une partie moins usée émerge : ainsi s'expliquent les ice-bergs à étage ;

3° Il nous reste à parler des *glaces de mer* ou *Feld eiss*. La mer gèle aux grands froids, tout comme l'eau douce. On voit alors se former au niveau de l'eau une multitude d'aiguilles cristallines formant une bouillie demi-fluide qui s'épaissit de plus en plus et finit par former une couche flexible comme du cuir : elle se modèle sur tous les mouvements de la nappe d'eau sous-jacente. Ce cuir s'épaissit de plus en plus au point de supporter le poids d'un homme, mais alors l'empreinte des pas reste marquée comme dans de la boue. Ce phénomène observé pour la première fois il y a environ 50 ans avait pourtant déjà été étudié par le Marseillais Pytheas dans son voyage à l'île mystérieuse de

Thulé. Ses récits avaient été taxés de contes à dormir debout, et voilà qu'on en reconnaît maintenant la parfaite exactitude.

Ce genre de glace se produit surtout en mer tranquille ; quand la mer est agitée, les glaçons s'amoncellent et forment les *pack eiss* ou accumulations de glace. Dès qu'il fait chaud, la glace fond par place, le *pack-eiss* tombe en morceaux et est entraîné par les courants.

Les *pack eiss*, peu épais comparés aux *ice-bergs* sont blancs et très irréguliers. Les courants ont peu d'action sur eux, mais en revanche le vent en a beaucoup à cause de leur rugosité. On en a vu parcourant jusqu'à deux mètres par seconde et ils seraient très dangereux n'était leur peu de dureté. On dit en avoir rencontré ayant jusqu'à 110 kilomètres de longueur !

Passons maintenant aux terres polaires. Elles sont de deux catégories : volcaniques et non volcaniques.

Les volcaniques sont l'Islande et Jean Mayen.

Les autres sont formées par des dépôts stratifiés, de structure géologique analogue aux terres continentales et formant ainsi de véritables dépendances du continent. Remontons aussi haut que possible dans leur histoire géologique.

L'*Époque azoïque*, nous fournit le granit, le gneiss, les roches cristallines. On trouve tout cela dans les îles polaires. Donc, elles étaient à l'époque azoïque, dans les mêmes conditions que l'Europe. Le terrain silurien n'y est pas connu, mais on trouve du dévonien supérieur et du carbonifère.

Le dépôt fossilifère le plus ancien est un grès avec empreinte de végétaux *Bormia*, plus ancien que notre houille. Ce grès à *Bormia* abonde au Spitzberg, à l'île des Ours et dans tout l'archipel nord Amérique.

Au Spitzberg, au-dessus de ce grès, on trouve soit un calcaire avec des gypses et des anhydrites ou soit un calcaire à spirifères ; puis vient un calcaire à *Productus* contenant des espèces les unes permienes, les autres carbonifères.

Cette disposition du terrain carbonifère avait d'abord paru toute spéciale. Mais M. Tchernitchew vient de reconnaître qu'elle était identique à celle de la chaîne du Timane au nord de la Russie.

Les animaux fossiles sont les mêmes qu'en France, en Virginie, en Caroline, en Espagne. On peut en conclure que la différence climatérique n'était pas alors ce qu'elle est maintenant.

A l'époque secondaire se présente d'abord le Trias. Le terrain triasique se trouve dans le Spitzberg, comme aussi dans la presqu'île d'Alaska : c'est le même que celui des Alpes, des Carpathes, du centre de l'Asie, les fossiles sont pareils : on voit qu'il n'y avait pas encore de différence climatérique.

L'époque jurassique est celle des premiers mammifères. On trouve le terrain jurassique au Spitzberg, et au nord de la Sibérie : on y voit des dépôts de houille avec empreintes de fougères tropicales, des formations marines (le calcaire à Aucelles) qu'on retrouve au centre de la Russie. Il n'y a toujours pas de différence de climat.

L'époque crétacée est représentée par deux étages au Groënland. Le crétacé inférieur a le facies dit urgonien, très développé dans le midi de la France et en Espagne. Le crétacé supérieur a des débris de végétaux et de flore subtropicale : on ne voit point toutefois de palmiers qu'on rencontre partout ailleurs à la même époque en Europe. Cela indique déjà un commencement de refroidissement.

Nous voici maintenant à l'époque tertiaire.

Le terrain miocène se trouve dans le Groënland, en Islande, au Spitzberg, à l'île aux Ours, au nord du Canada, avec le chêne et d'autres arbres de nos contrées tempérées. On ne trouve ni lauriers ni palmiers qui existent à la même époque dans nos contrées, particulièrement dans la région du Rhin. Déjà le refroidissement s'accroît. Ainsi on peut affirmer sans crainte que le froid du pôle est récent, et ce froid n'a pas existé dans la plus grande partie des âges géologiques.

On a voulu échapper à cette conclusion en prétextant un déplacement des pôles ; mais on ne peut nulle part montrer les traces d'un pôle ancien : on ne peut ainsi se lancer dans l'aventure, il faut s'en tenir aux faits.

Ce cours de géologie physique est terminé ; avant de séparer de ses auditeurs, M. Gosselet leur fait ses adieux de la manière suivante :

« Dans une première partie, je vous ai parlé de la géographie du Nord de la France et de la Belgique ; j'avais alors toute autorité pour le faire et j'ai pu vous donner des idées personnelles.

» Dans la seconde partie, je vous ai entretenus des Océans ; j'ai dû emprunter à d'autres les faits que j'avais à vous exposer : Je me suis efforcé du moins de recourir aux sources originales : malheureusement, notre bibliothèque universitaire est excessivement pauvre sous ce rapport ; Si nous n'avions pas reçu, il y a un an, la magnifique explo-

ration du *Challenger*, nous n'aurions absolument rien, pas même un simple traité d'hydrographie.

» Toutefois, si j'ai puisé les faits au dehors, je les ai commentés et discutés à l'aide de mes connaissances géologiques.

» Vous avez pu constater combien l'étude de ce qui se passe aujourd'hui dans nos mers s'impose à l'attention des géologues ; c'est avec un grand plaisir que je me vois, sous ce rapport, en communauté d'idées avec mes deux voisins les plus proches : les savants professeurs de Gand et de Nancy.

» Vous avez pu constater encore que la connaissance de la géologie stratigraphique est nécessaire pour pouvoir comprendre et discuter les moindres faits géographiques. On peut dire que la géographie physique n'est qu'une partie de la géologie. Cela est vrai, surtout quand on comprend la géologie comme nous la comprenons à Lille, c'est-à-dire quand on cherche à reconstituer pour chaque époque géologique sa géographie, sa faune et sa flore. L'époque actuelle ne diffère des époques antérieures qu'en ce que nous pouvons faire ce travail d'une manière plus complète et plus certaine, mais la méthode est la même.

» Je remercie les membres de la *Société de Géographie de Lille* qui m'ont fait l'honneur de venir se joindre aux élèves de la Faculté des sciences pour suivre mon cours : je remercie le secrétaire général de la peine qu'il se donne d'en faire le résumé pour le bulletin. Par là, il me prête pour faire pénétrer ces notions dans le public, un concours d'autant plus précieux que sa présence à mes cours suffirait seule pour témoigner de leur importance au point de vue de la science géographique.

» Je regrette que les élèves géographes de la Faculté des lettres n'aient pu suivre ce cours. Lorsque j'ai inauguré ces leçons de géographie, à l'époque du transfert des Facultés de Douai à Lille, je désirais donner une preuve de l'utilité de la réunion des Facultés dans une même ville et en une véritable université. J'ai un double regret d'avoir à constater que je n'ai pas réussi. »

Quelque chose doit cependant atténuer les regrets du maître ; c'est que de nombreux élèves n'appartenant pas au public des étudiants ont appris de lui ce qu'était véritablement la géographie.

Ses cours ont été la gloire de notre bulletin.

Nos seize cents sociétaires savent qu'ils ont entre les mains un ouvrage unique et qui n'a point de similaire en France

Nos archives sont assez riches pour prêter aux jeunes étudiants de quoi réparer une lacune sans doute involontaire.

Et ils joindront leurs remerciements à ceux que, du plus profond de notre cœur, nous adressons à M. Gosselet.

A. M.

